

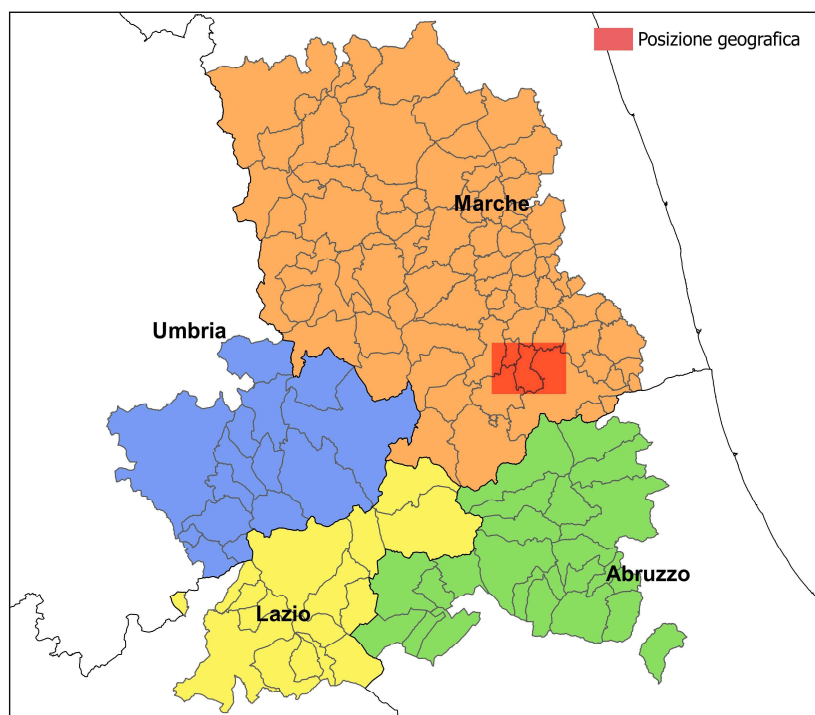



COMMISSARIO STRAORDINARIO RICOSTRUZIONE SISMA - 2016

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

MICROZONAZIONE SISMICA **Relazione Illustrativa**

Regione Marche
Comune di Venarotta



Soggetto realizzatore: Dott. Geol. Gianluigi Bartolini Collaboratori: Dott.ssa Geol. Sara Abeti Dott. Geol. Fabio Cataldi	Data Gennaio 2018	CENTROMS  CENTRO PER LA MICROZONAZIONE SISMICA E LE SUE APPLICAZIONI
--	---------------------------------	--

INDICE

1 - INTRODUZIONE.....	2
1.1 – Finalità degli studi	2
1.2 – Descrizione generale dell'area comunale.....	3
1.3 – Definizione dei documenti di base utilizzati nello studio.....	3
1.4 – Aree da sottoporre agli studi di MS.....	3
2 – DESCRIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1 – Sismicità storica dell'area di studio	5
2.2 – Sismicità recente dell'area di studio	6
2.3 – Pericolosità sismica di base.....	6
3 - ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	9
3.1 – Inquadramento Geologico e strutturale	9
3.2 – Assetto geomorfologico	9
3.3 – Assetto Stratigrafico.....	10
4 – DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	12
4.1 – Dati pregressi.....	12
4.2 – Dati acquisiti ex novo	13
5 – MODELLO DEL SOTTOSUOLO FINALIZZATO ALLA MS.....	14
5.1 – Unità geologico tecniche: definizione e parametrizzazione.....	14
5.2 – Sezioni geologico- tecniche	16
6 - INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE	17
7- METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	18
7.1 – Scelta dell' input sismico e simulazioni numeriche.....	18
7.2 – Risultati	21
8 – ELABORATI CARTOGRAFICI.....	22
8.1 – Carta delle Indagini	22
8.2 – Carta della frequenza naturale dei terreni	22
8.3 – Carta geologico tecnica per la MS.....	22
8.4 – Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva Sismica.....	23
8.5 – Carta di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3.....	23
8.6 – Commenti finali e criticità	24
9 – CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI	25
10 - BIBLIOGRAFIA	26

ALLEGATI

CARTA DELLE INDAGINI	SCALA 1:5.000
CARTA GEOLOGICO-TECNICA	SCALA 1:5.000
CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA	SCALA 1:5.000
CARTA DELLE FREQUENZE	SCALA 1:5.000
CARTA MICROZONAZIONE SISMICA (FA 0,1 - 0,5 s).....	SCALA 1:5.000
CARTA MICROZONAZIONE SISMICA (FA 0,4 - 0,8 s).....	SCALA 1:5.000
CARTA MICROZONAZIONE SISMICA (FA 0,7 - 1,1 s).....	SCALA 1:5.000

1 – INTRODUZIONE

La presente relazione illustra i risultati dello studio di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3 ai sensi dell' O.P.C.M. n.24 del 12 maggio 2017 e su incarico ricevuto dall'Ufficio Tecnico del Comune di Venarotta (AP), Regione Marche. La predisposizione degli studi è avvenuta secondo le modalità stabilite nel documento di indirizzi di cui al comma 1 e degli standard definiti dalla Commissione tecnica istituita ai sensi dell'articolo 5, comma 7, dell'ordinanza del Capo del Dipartimento della Protezione Civile n. 3907 del 13 novembre 2010, nonché sulla base dei "Criteri di utilizzo degli studi di microzonazione per la ricostruzione". L'attività è stata svolta con il supporto ed il coordinamento scientifico del Centro per la microzonazione sismica (CMS) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), ai sensi dell'articolo 2, comma 1, lettera l-bis), punto 3, del decreto legge n. 189 del 2016.

Sono stati rispettati gli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome) ed utilizzati per la pianificazione e la progettazione esecutiva nelle aree maggiormente colpite dal sisma.

Per l'organizzazione delle informazioni si è fatto riferimento agli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica", elaborati dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica i quali sono rappresentati dalla documentazione consultabile sul sito http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/StandardMS_4_0b.pdf.

1.1 Finalità degli studi

Lo studio di MS di livello 3 è finalizzato a quantificare la pericolosità sismica locale delle microzone, con particolare riferimento alle *aree stabili* (zone nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura - litotipi assimilabili al substrato sismico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata), alle *aree stabili suscettibili di amplificazione* (zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio) e alle *aree di attenzione per instabilità* (zone suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma), e alla redazione delle Carte di microzonazione sismica di livello 3 alla scala 1:5.000.

Lo studio di MS di livello 3 sarà realizzato mediante analisi di risposta sismica locale monodimensionale (1D) e/o bidimensionale (2D), effettuate su verticali e sezioni rappresentative, in numero adeguato per poter caratterizzare le tipologie di microzone individuate nella Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.). I risultati delle analisi numeriche saranno restituiti in termini di accelerogrammi calcolati in superficie ed elaborati in termini di fattori di amplificazione in pseudo-accelerazione calcolati per prefissati intervalli di periodi, nonché di spettri di risposta in accelerazione al 5% di smorzamento.

1.2 Descrizione generale dell'area comunale

Il comune di Venarotta sorge a Nord Ovest della città di Ascoli Piceno, capoluogo di provincia, da cui dista circa 10 km. Il comune è delimitato ad Ovest dai territori comunali di Palmiano e Roccafluvione, a Sud ed ad Est dal comune di Ascoli Piceno ed a Nord dai comuni di Force e Rotella, tutti nell'entroterra montano sub-appennino.

La superficie del territorio comunale è pari a 30,21 km²; la quota media del territorio è di 421 m s.l.m. (min 170 - max 754). Il territorio del comune di Venarotta rientra interamente nel Quadrante 133 IV (foglio 1:100.000 – 133 Ascoli Piceno) della Carta Topografica Regionale alla scala 1:25.000.

Al comune di Venarotta appartengono 10 frazioni - Capodipiano, Castellano, Cepparano, Cerreto, Gimigliano, Monsampietro, Olibra, Portella, Vallorano e Villa Curti - ma l'area soggetta ad espansione urbanistica e demografica è quella che coinvolge prettamente il capoluogo.

1.3 Definizione dei documenti di base utilizzati nello studio

Il territorio comunale è rappresentato nella seguente cartografia ufficiale:

- Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000 nelle seguenti sezioni: Sezione 326060 "Palmiano" – 326070 "Castel di Croce" – 326100 "Venarotta" – 326110 "Ascoli Piceno".
- Carta Geologica Regionale a scala 1:10.000: Sezione 326060 "Palmiano" – 326070 "Castel di Croce" – 326100 "Venarotta" – 326110 "Ascoli Piceno".

1.4 Aree da sottoporre agli studi di MS

Gli studi di MS di terzo livello hanno preso in considerazione aree delimitate dal Centro MS e successivamente revisionate dal sottoscritto e dall'Amministrazione Comunale. Sono state considerate le aree dei nuclei abitati del Capoluogo, della località Arola e della zona artigianale della Frazione di Capodipiano.

Si riporta di seguito (Fig.1) la carta definitiva validata delle aree prescelte:

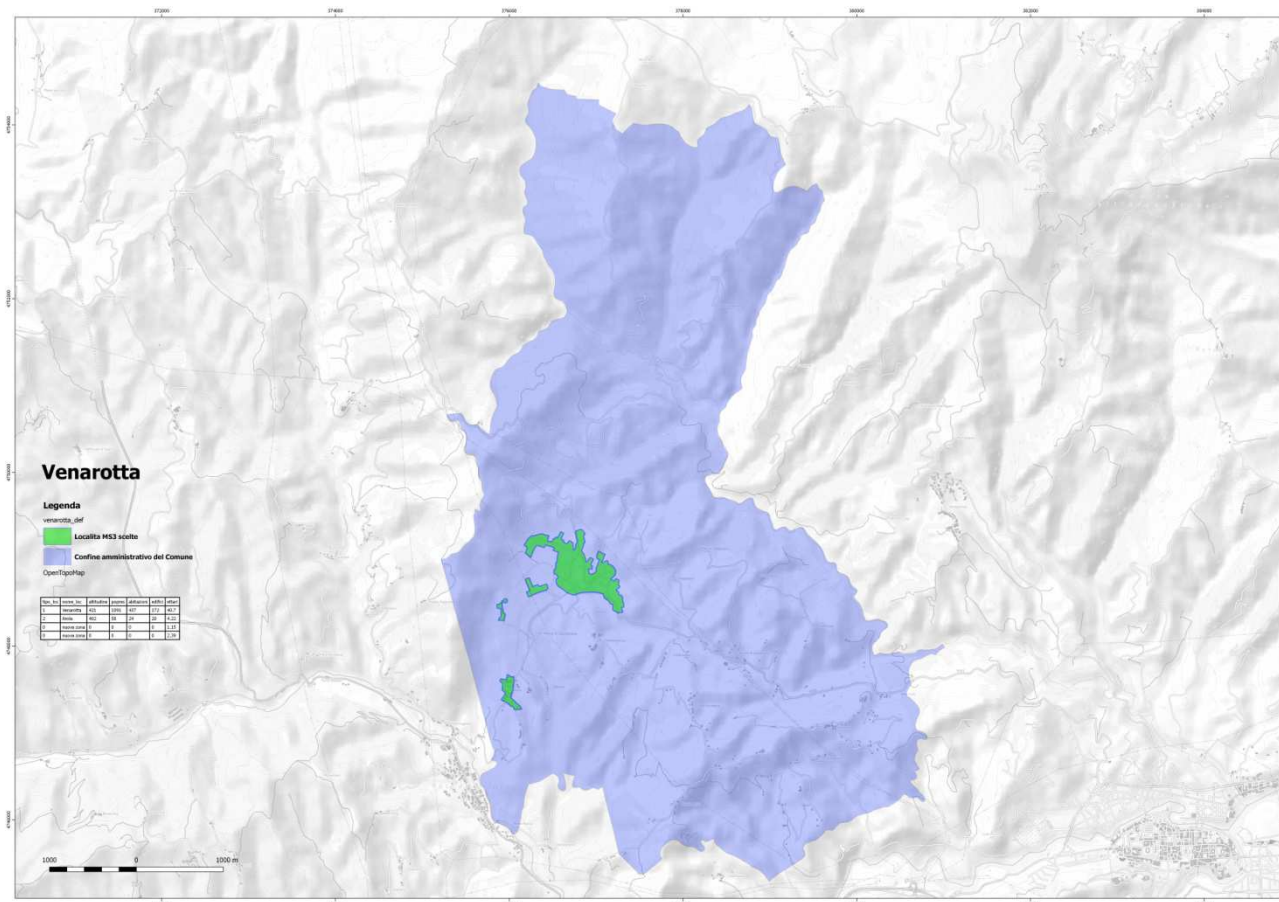


Fig.1: carta di perimetrazione aree oggetto di studio MS terzo livello

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

2.1 Sismicità storica dell'area di studio

Il territorio marchigiano è sede di intensa attività sismica, sia per l'intensità dei terremoti, che per la loro frequenza. A partire dall'anno 1000 ad oggi, si possono contare almeno una ventina di eventi distruttivi che hanno interessato il territorio marchigiano come zona epicentrale. Questi terremoti hanno prodotto danni non inferiori a quelli di Senigallia (AN) nel 1930, di Castignano (AP) nel 1943, quelli di Ancona del 1972, fino alle recenti sequenze sismiche dell'Appennino Umbro-Marchigiano del settembre ottobre 1997. Inoltre, a questi terremoti bisogna aggiungere quelli che si sono generati con epicentro nelle regioni limitrofe ma che hanno prodotto danni anche nelle Marche.

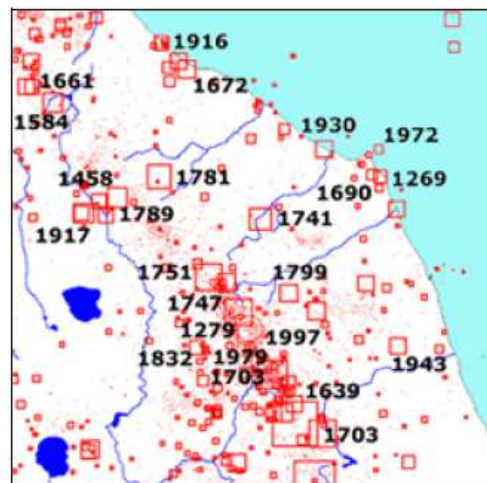
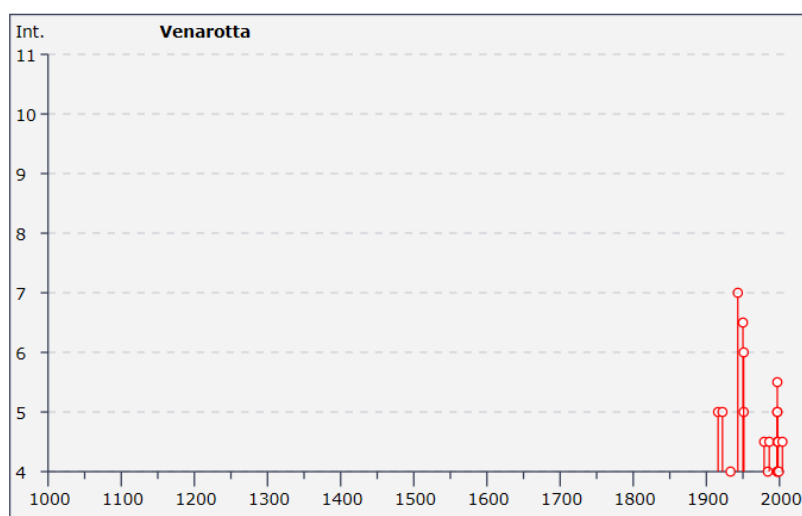


Fig.2 : eventi sismici storici nelle Marche

Ad esempio il terremoto di Norcia del 14 gennaio 1703, uno dei terremoti più forti della storia sismica italiana, fu risentito con effetti distruttivi anche in molte parti del territorio marchigiano, ad Ascoli Piceno ad esempio venne avvertito con un'intensità pari $I = 6$ della scala [MCS].

Danni nelle Marche sono stati prodotti anche dai terremoti originatisi nelle zone di Sansepolcro (AR), di Rimini, del Forlivese e dell'Aquilano. Dalla figura 2 si evidenzia come l'attività sismica sia concentrata maggiormente nella zona appenninica e nella parte costiera delle province di Pesaro-Urbino e Ancona. L'analisi della sismicità recente sulla base dei dati raccolti negli ultimi anni dalla Rete Sismometrica Marchigiana confermerebbe questo quadro.

Il database Macrosismico Italiano a cura dell'INGV riporta per il comune di Venarotta 27 eventi, i cui epicentri vengono però collocati sempre al di fuori del territorio comunale.



La tabella che segue è una compilazione dei principali eventi sismici $I > 5$ MCS che hanno prodotto risentimenti nell'area comunale, tratta dal "Database Macrosismico Italiano versione DBMI11 a cura di M. Locati, R. Camassi

e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano Milano Bologna (<http://emidius.mi.ingv.it>)."

Storia sismica di Venarotta [42.881, 13.493]

Numero di eventi: 27

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
NF	1910 06 29 13:52	MUCCIAFORA	58	7 4.86 ±0.33
5	1916 07 04 05:07	MONTI SIBILLINI	23	6-7 5.02 ±0.22
5	1922 06 08 07:47	CALDAROLA	52	6 4.89 ±0.19
4	1933 09 26 03:33	Maiella	326	9 5.95 ±0.09
7	1943 10 03 08:28	Marche meridionali-Abruzzo	131	8-9 5.83 ±0.14
6-7	1950 09 05 04:08	GRAN SASSO	386	8 5.68 ±0.07
5	1951 08 08 19:56	Gran Sasso	94	7 5.30 ±0.14
6	1951 09 01 06:56	SARNANO	81	7 5.34 ±0.20
4-5	1979 09 19 21:35	Valnerina	694	8-9 5.86 ±0.09
4	1984 04 29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7 5.65 ±0.09
4-5	1986 10 13 05:10	Appennino umbro-marchigiano	322	5-6 4.65 ±0.09
NF	1993 06 05 19:16	GUALDO TADINO	326	6 4.74 ±0.09
4-5	1997 09 03 22:07	Appennino umbro-marchigiano	171	5-6 4.56 ±0.09
5	1997 09 26 00:33	Appennino umbro-marchigiano	760	5.70 ±0.09
5-6	1997 09 26 09:40	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9 6.01 ±0.09
4	1997 10 03 08:55	Appennino umbro-marchigiano	490	5.25 ±0.09
4	1997 10 06 23:24	Appennino umbro-marchigiano	437	5.46 ±0.09
5	1997 10 14 15:23	Appennino umbro-marchigiano	786	7-8 5.65 ±0.09
3	1997 11 09 19:07	Appennino umbro-marchigiano	180	5-6 4.90 ±0.09
4-5	1998 03 21 16:45	Appennino umbro-marchigiano	141	6 5.03 ±0.09
3-4	1998 04 05 15:52	Appennino umbro-marchigiano	395	6 4.81 ±0.09
4	1999 11 29 03:20	APPENNINO CENTRALE	62	5-6 4.38 ±0.13
3-4	2003 05 25 17:15	Zona Ascoli Piceno	92	5 4.15 ±0.18
4-5	2004 12 09 02:44	Zona Teramo	224	5-6 4.18 ±0.09
NF	2005 04 12 00:31	Maceratese	137	4-5 4.16 ±0.14
NF	2005 12 15 13:28	Valle del Topino	361	5-6 4.66 ±0.09
NF	2006 04 10 19:03	Maceratese	211	5 4.51 ±0.10

I = effetti locali del terremoto (in scala MCS – Mercalli-Cancani-Sieberg)

F = avvertito (si ritiene di escludere che si siano verificati danni - $3 \leq \text{Int} \leq 5$)

Ax = epicentro;

Np = numero di osservazioni macrosismiche disponibili

Io = intensità macrosismica all'epicentro (MCS)

Mw=Magnitudo

2.2 Sismicità recente dell'area di studio

Tra la sismicità recente dell'area di studio vanno ovviamente considerati gli eventi sismici del Centro Italia del 2016 e del 2017 i quali hanno avuto inizio nell'agosto 2016 con epicentri situati tra l'alta valle del Tronto, i Monti Sibillini, i Monti della Laga e i Monti dell'Alto Aterno.

La recente crisi sismica ha interessato anche il territorio comunale ed il particolare gli eventi:

- del 24 agosto 2016 (03.36.32) Mw 6.0
- del 26 ottobre 2016 (19.11.36) Mw 5.5 e (21.18.15) Mw 6.0
- del 30 ottobre 2016 (07.40.17) Mw 6.5
- del 18 gennaio 2017 (11.25.23) Mw 5.4, (11.14.09) Mw 5.5, (10.25.40) Mw 5.1

2.3 Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di un territorio è rappresentata dalla sua sismicità ovvero dalla frequenza e dall'ampiezza dei terremoti che possono interessarlo; in particolare la pericolosità sismica di una data zona è definita come la probabilità che in un determinato intervallo temporale (generalmente 50 anni) abbia luogo un sisma di una determinata magnitudo.

A tale scopo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 e successivamente Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, oltre a definire le procedure e gli approcci scientifici da utilizzare, e grazie agli studi coordinati INGV, hanno portato alla realizzazione di una Mappa di Pericolosità Sismica nazionale (fig.3) 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 orizzontale (pari ad un tempo di ritorno $T_r = 475$ anni).

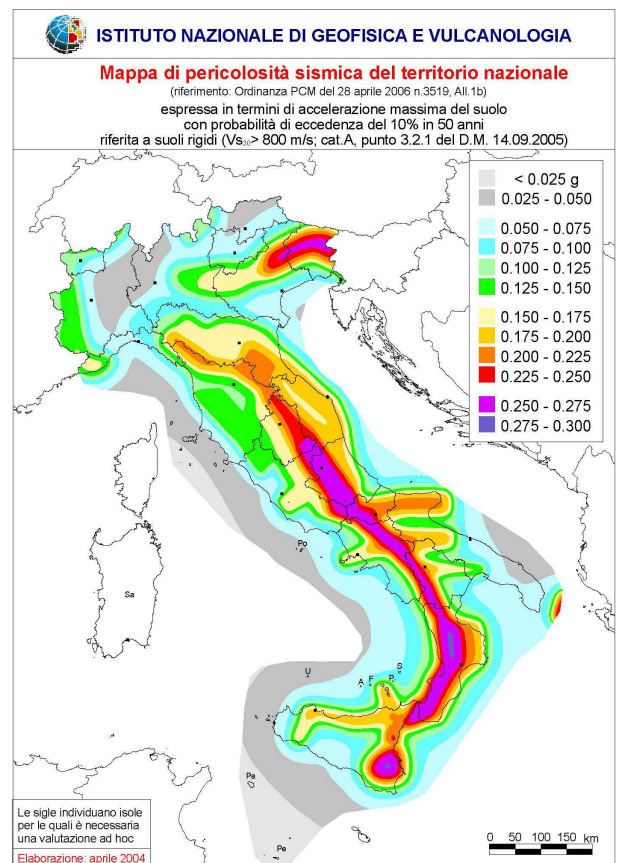


Fig.3: carta di pericolosità sismica nazionale

Le due O.P.C.M. hanno inoltre individuato i principi generali sulla base dei quali poi le Regioni hanno classificato i comuni in una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato classificato il territorio nazionale; a ciascuna zona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (ag).

La Regione Marche con la D.G.R. n. 136 del 17 febbraio 2004 – “Indirizzi generali per la prima applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 - Individuazione e formazione

dell'elenco delle zone sismiche nella Regione Marche" recependo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, ha aggiornato l'elenco delle zone sismiche del territorio regionale, provvedendo a classificare anche il territorio del Comune di Venarotta nella zona sismica 2.

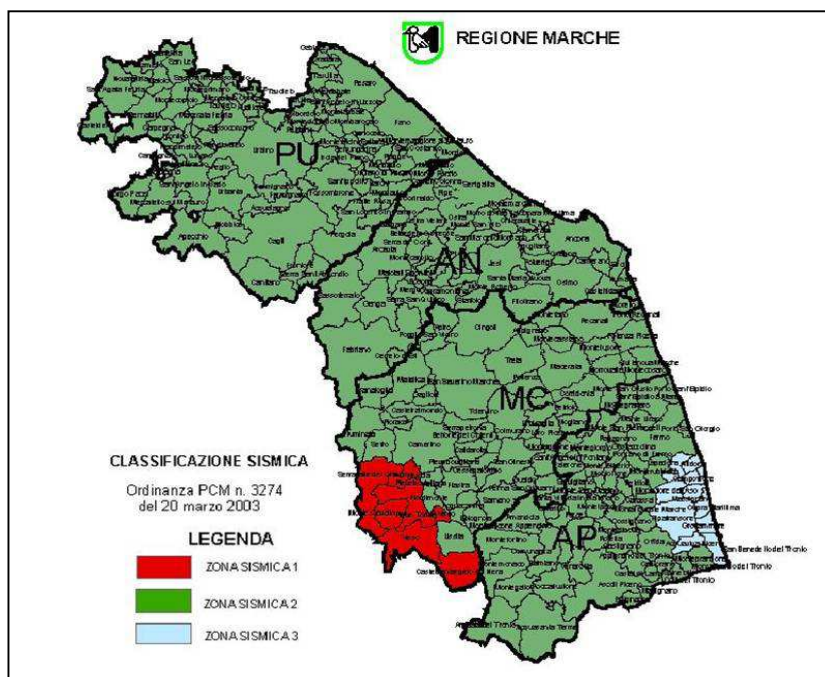


Fig.4 : classificazione sismica a seguito dell'O.P.C.M. 3274/2003

La zonazione del territorio, mostrata in Figura 4, evidenzia che la quasi totalità della Regione rientra nella Zona Sismica 2, tra cui il territorio del Comune di Venarotta; una piccola parte del territorio, a confine con la Regione Umbria è classificata Zona Sismica 1 e una piccola parte del territorio lungo la costa adriatica della provincia di Ascoli Piceno rientra nella Zona Sismica 3. All'interno di ciascuna zona le caratteristiche della sismicità (massima magnitudo attesa, tempi di ritorno, ecc.) sono considerate omogenee ed il prossimo terremoto si potrà verificare in un qualsiasi punto.

Zona Sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
Zona 1 – E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti	$ag > 0.25$
Zona 2 – Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti	$0.15 < ag \leq 0.25$
Zona 3 – I Comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti	$0.05 < ag \leq 0.15$
Zona 4 – E' la zona meno pericolosa	$ag \leq 0.05$

Tab.1: suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido

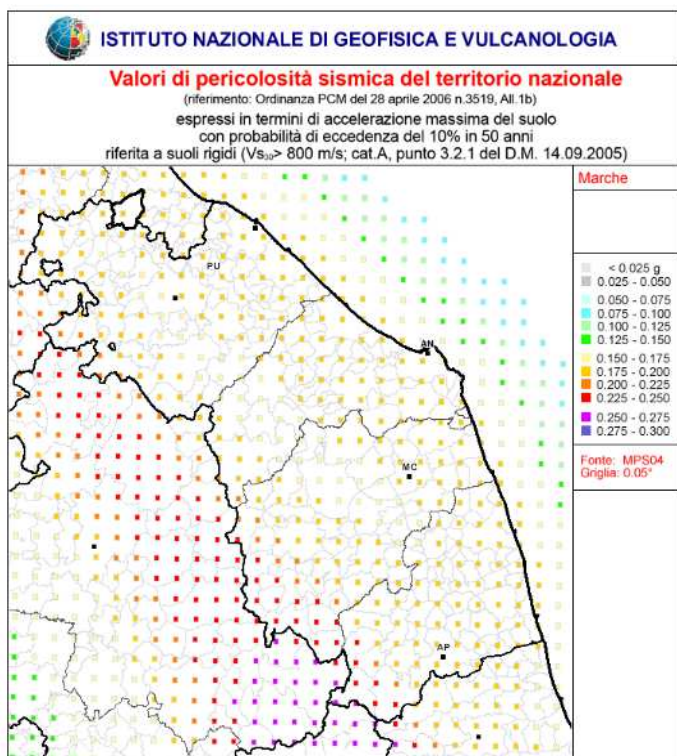


Fig.5 : valori di pericolosità sismica per la Regione Marche

Come già detto il comune di Venarotta ricade in zona sismica 2 e la sua pericolosità sismica di base espressa in termini di accelerazione massima attesa al suolo (rigido) vale 0,175 g - 0,2 g (vedi fig.5). Gli studi di pericolosità sismica sono alla base delle analisi territoriali finalizzate alla zonazione sismica (pericolosità sismica di base) e alla microzonazione sismica (pericolosità locale).

L'Istituto Nazionale di Geofisica e di Vulcanologia mette in rete, nell'ambito del Progetto DISS3, le informazioni (<http://diss.rm.ingv.it>) riguardanti la distribuzione spaziale e le caratteristiche sismo-tettoniche delle Sorgenti Sismogenetiche presenti sul territorio nazionale.

Il territorio di Venarotta risulta compreso tra la macroarea ITCS020 Southern Marche e la macroarea ITCS027 Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga (fig.4).

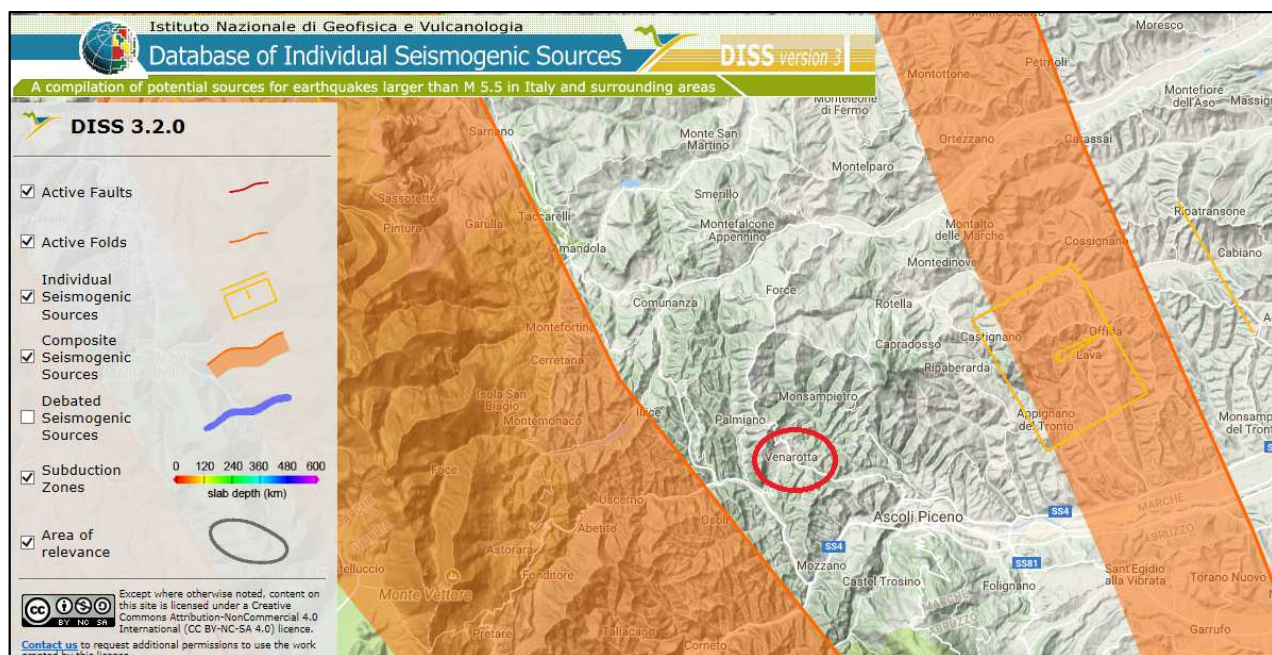


Fig.4-Localizzazione del territorio rispetto alle macroaree sismogenetiche ITCS027 e ITCS020 censita dal DISS3.1.1.

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 Inquadramento geologico strutturale

L'abitato di Venarotta si inserisce tra le valli del Fluvione e del Chiaro nella zona a nord-ovest del comprensorio ascolano. La successione stratigrafica della zona è per gran parte caratterizzata da terreni indicanti una successione torbiditica di un antico bacino in subsidenza; ci troviamo infatti all'interno del cosiddetto "Bacino della Laga", attivo dal Tortoniano superiore al Pliocene inferiore, che mostra una successione torbiditica spessa oltre 3.000 metri e legata ad una subsidenza notevole del bacino stesso.

Il territorio, e più in generale il bacino della Laga, dal punto di vista strutturale, è caratterizzato da uno stile prevalentemente plicativo ad andamento Nord Ovest – Sud Est dislocato da faglie trasversali e longitudinali.

La formazione geologica di base è quella dei Flysch della Laga di età Messiniana, caratterizzata da potenti bancate di arenaria di spessore elevato, alternate a pacchi di marne sabbiose ed argille di debole spessore.

La componente arenacea è nettamente prevalente nella parte meridionale del territorio comunale e la morfologia, talora con forti pendenze, riflette tale situazione litologica.

La parte alta del territorio comunale è caratterizzata dalla componente pelitico-arenacea della medesima formazione che conferisce alla zona una morfologia simile a quella dei terreni argillosi.

Nella parte centrale del territorio comunale si trova un orizzonte gessifero dello spessore di alcuni metri che interessa la frazione di Ripe e che è in concordanza di fase sia al letto che al tetto delle arenarie.

Una ristretta zona a Sud del territorio è interessata dalla presenza di marne e marne calcareo argillose, in strati da sottili a spessi.

Da un punto di vista tettonico il territorio è caratterizzato da alcune dislocazioni tettoniche ubicate a Sud del capoluogo. Questi disturbi hanno indotto un certo grado di tettonizzazione negli strati che presentano diversi sistemi di fratture e faglie.

L'assetto generale degli strati si mantiene pressoché costante, con direzione prevalente Sud Ovest – Nord Est, con immersione Nord – Ovest; molto comune è anche l'immersione Nord o Est.

Alla base degli strati arenacei la presenza di strutture sedimentarie erosive tipo "flute casts" indica che gli strati sono normalmente in posizione diritta; altre strutture sedimentarie negli strati arenacei sono le lamine piano-parallele e convolute, in parte responsabili dell'alterazione superficiale del materiale arenaceo.

Dal punto di vista geologico, riassumendo, la zona di Venarotta è interessata prevalentemente dalle seguenti formazioni geologiche:

– **Coltre eluvio - colluviale**

Terreno costituito prevalentemente da sabbie limose e limi sabbiosi con materiali argillosi; sono presenti inclusi di varia natura e dimensione, il tutto derivante dallo smantellamento ad opera degli agenti esogeni dei litotipi caratterizzanti il substrato geologico.

– **Associazione Arenacea – Membro Evaporitico**

Questa associazione si trova sovrapposta stratigraficamente all'associazione arenacea I: la base si compone di strati da spessi a massicci, generalmente massicci, mentre, procedendo verso il tetto, aumenta lo spessore dei pacchi di strato. Sul tetto degli strati, talora, si rinvencono marne scure di ambiente euxinico, ed il rapporto sabbia/argilla è molto alto.

In questa associazione è presente, anche se non rilevato, un orizzonte gessoarenitico torbido costituito da strati di gessoareniti di spessore variabile da 20 metri ad uno di colore grigio, e da arenarie e marne bituminose in strati da sottili a molto sottili.

3.2 Assetto geomorfologico

Il territorio comunale è caratterizzato da una morfologia collinare con rilievi mediamente al di sopra dei 300 metri s.l.m. con massimi di 650 metri.

L'acclività media dei versanti è di solito elevata con ampi tratti sub verticali legati a particolari dislocazioni tettoniche e alla prevalenza di una formazione di tipo litoide.

Molto diffusi nella parte Nord del territorio comunale i fossi di erosione concentrata, le deformaioni di versante, deformaioni plastiche e soliflusso; nella restante parte sono presenti frequenti orli di scarpata poligenica, attivi e quiescenti.

Per quanto riguarda l'azione fluviale, lo stato di attività si limita alla presenza di brevi tratti di alvei torrentizi in erosione e di erosioni di sponda.

Circa i depositi superficiali e la loro tessitura si tratta quasi sempre di terreni limoso-sabbiosi o limoso-argillosi di spessore contenuto.

Nell'area non sono segnalate sorgenti o emergenze idriche rilevanti che interessino i litotipi in oggetto. Per quanto concerne le acque sotterranee queste sono presenti soprattutto all'interno dei depositi sciolti più spessi.

Lungo i numerosi versanti, caratterizzati da coltri detritiche spesse, è possibile rilevare la presenza di percolazioni di acqua a contatto con la formazione di base. La parte più argillosa del territorio risulta praticamente impermeabile, ma è interessata in superficie da un ruscellamento diffuso.

L'idrologia superficiale lungo tutto il territorio è indirizzata da una serie di fossi verso il Torrente Chiaro.

Tale rete di numerosissimi fossi e torrenti sono alimentati dalle acque di versante provenienti dalle fasce sovrastanti più alte in quota; tutti gli elementi idrografici presenti nel territorio in esame mostrano caratteristiche tipicamente torrentizie, con portate strettamente connesse all'andamento pluviometrico stagionale e con portate massime in tardo inverno-primavera e minime nel periodo estate-autunno.

Le forti precipitazioni comportano un'elevata erodibilità dei versanti, specie se argillosi, e degli stessi crinali che tendono ad assottigliarsi in più punti.

3.3 Assetto stratigrafico

Per quanto riguarda la litostratigrafia dei terreni affioranti nell'area in esame possiamo distinguere in base alle caratteristiche lito-stratigrafiche le seguenti litologie:

Terreni di copertura:

- **Sabbie limose, miscela di sabbia e limo (SMec)** - Depositi eluvio-colluviali formati da sabbie e limi sabbiosi con intercalazioni limo-argillose, da sciolti a poco addensati e/o consistenti, dovuti all'alterazione superficiale del substrato flyscioide. Tipologia Unità: Continentale. Età: Olocene.

Terreni del substrato geologico:

- **Lapideo stratificato (LPS)** - arenaria torbidity di colore giallastro e grigio azzurro, a granulometria grossolana, media e fine, litoidi, stratificate, con a luoghi intercalazioni di argille marnose e sottili interstrati discontinui di gesso; all'interno della formazione è presente il livello guida gesso arenitico. Unità: Formazione della Laga, Associazione arenacea, origine marina. Età Messiniano.

4 – DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

In fase di realizzazione degli Studi di Microzonazione Sismica di livello 1 per il comune di Venarotta sono stati raccolti tutti i dati geologico-stratigrafici, geotecnici e sismici reperiti dagli archivi tecnici comunali e dall'esecuzione ed elaborazione di indagini realizzate appositamente per gli studi di primo livello. I dati pregressi sono costituiti variamente da sondaggi a carotaggio continuo, saggi geognostici, prove penetrometriche, sia statiche che dinamiche, analisi e prove geotecniche di laboratorio, indagini geofisiche realizzate con varie metodologie (fondamentalmente prove M.A.S.W. e H.V.S.R.).

I sondaggi geognostici e prove penetrometriche hanno permesso, nella maggior parte dei casi, di differenziare i terreni della coltre superficiale (depositi eluvio-colluviali) dai terreni del substrato geologico riferibili al membro arenaceo della Formazione della Laga. In alcuni casi le perforazioni sono state spinte fino al raggiungimento del substrato permettendo l'esatta definizione dello spessore della coltre superficiale e dei rispettivi parametri geotecnici caratteristici dei depositi. Le prove penetrometriche raccolte, pur non fornendo un dato diretto della stratigrafia locale, consentono, attraverso la loro interpretazione, di ipotizzare la profondità del substrato, o comunque l'individuazione della profondità del tetto di un livello più competente. Le informazioni raccolte documentano la presenza ovunque di depositi riconducibili a terreni della coltre superficiale con spessori molto variabili da pochi metri fino ad un massimo di 20 m. Gli spessori massimi si trovano in gran parte della frazione di Arola e nella porzione nord occidentale del capoluogo.

Le indagini sismiche pregresse riguardanti prove di sismica a rifrazione, M.A.S.W. e misure H.V.S.R., oltre a permettere l'individuazione della profondità del substrato, danno indicazioni sui valori delle velocità delle onde S e P. Per quanto riguarda il "sito puntuale" erano stati inseriti n. 46 siti distribuiti nelle diverse frazioni; il "sito lineare" aveva invece prodotto l'inserimento di n. 4 "indagini lineari" di Sismica a rifrazione.

Di seguito la suddivisione delle indagini puntuali e lineari utilizzate:

QUANTITÀ	SIGLA	DESCRIZIONE
1	S	Sondaggio a carotaggio continuo
12	SS	Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato
1	SDS	Sondaggio a distruzione di nucleo che intercetta il substrato
15	DN	Prova penetrometrica dinamica media
3	DP	Prova penetrometrica dinamica pesante
3	DS	Prova penetrometrica dinamica superpesante
8	HVSR	Stazione microtremore a stazione singola
4	SR	Profilo Sismico a Rifrazione
3	T	Trincee e pozzetti esplorativi

Tab.2 – Tabella riepilogativa delle indagini geognostiche

Su ciascuna delle indagini sono stati inseriti i corrispondenti parametri, per un totale di n°159 parametri per le indagini puntuali e n°4 parametri per le indagini lineari.

Tutti gli elementi geotecnici e geofisici acquisiti, distinti in puntuali e lineari, sono stati rappresentati secondo gli standard più volte citati; la stessa compilazione delle tabelle relative ai "parametri" ha tenuto conto delle linee guida.

4.2 – Dati acquisiti ex-novo

Gli studi di Microzonazione Sismica di terzo livello hanno previsto una campagna indagini sul territorio comunale come prestabilito dallo schema di convenzione e concordata con il CentroMS.

Nella fattispecie sono state realizzate ex novo:

- n.13 indagini geofisiche H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)
- n.4 indagini geofisiche M.A.S.W.
- n.1 carotaggio continuo (intercettante il substrato)
- indagini geofisiche di tipo D.H. (Down Hole)
- indagini di laboratorio campione indisturbato
- prove SPT

Indagini geofisiche hanno assunto rilevante importanza. Le indagini HVSR hanno consentito la definizione delle frequenze naturali dei terreni presenti sul territorio comunale mentre attraverso le n.4 indagini tipo M.A.S.W. è stato possibile definire il profilo delle velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) nei terreni oggetto di studio. Dall'analisi dei profili delle velocità delle onde di taglio si possono intuire, in funzione della variazione del parametro V_s e, quindi, della diversa risposta del mezzo all'attraversamento delle onde, le unità stratigrafiche. Dalle prove MASW sono stati inoltre estrapolati i profili delle V_{s30} dai quali è stato possibile evidenziare la categoria di suolo.

Nel capoluogo è stato effettuato un carotaggio continuo spinto fino a 35 metri intercettante il substrato sul cui foro sono stati poi condotte indagini geofisiche di tipo Down Hole.

Nell'ambito del sondaggio geognostico è stato prelevato un campione indisturbato ad una profondità di 9 - 9.5 mt. ; i risultati delle prove sono riportati in allegato al seguente lavoro.

5- MODELLO DEL SOTTOSUOLO FINALIZZATO ALLA MS

5.1 – Unità geologico tecniche: definizione e parametrizzazione

La caratterizzazione geologica e geomorfologica del territorio comunale è stata definita attraverso il rilevamento geologico di campagna integrato, per gli aspetti geomorfologici, con l'analisi fotogeologica e per gli aspetti sismici da misure di frequenza (H.V.S.R.) , misure M.A.S.W. e Indagini sismiche Down Hole dei terreni affioranti. Ai dati di campagna inoltre, sono stati aggiunti quelli derivanti dalla documentazione geologica bibliografica esistente sia in possesso della scrivente che reperiti nell'Archivio Tecnico del Comune.

Le conoscenze stratigrafiche locali, derivate da una idonea campagna di rilevamento geologico e, dove possibile, anche dall'interpretazione di indagini puntuali e lineari, hanno consentito la definizione di un modello del sottosuolo secondo un livello di dettaglio soddisfacente.

Segue, quindi, la descrizione del modello geologico di ogni singola microzona indagata precisando che i valori di Vs (tab.3) costituiscono una sintesi mediata provenienti rispettivamente dagli esiti delle misure dirette (*Down-hole*) e dall'analisi congiunta delle misure indirette di superficie (*M.A.S.W./HV*).

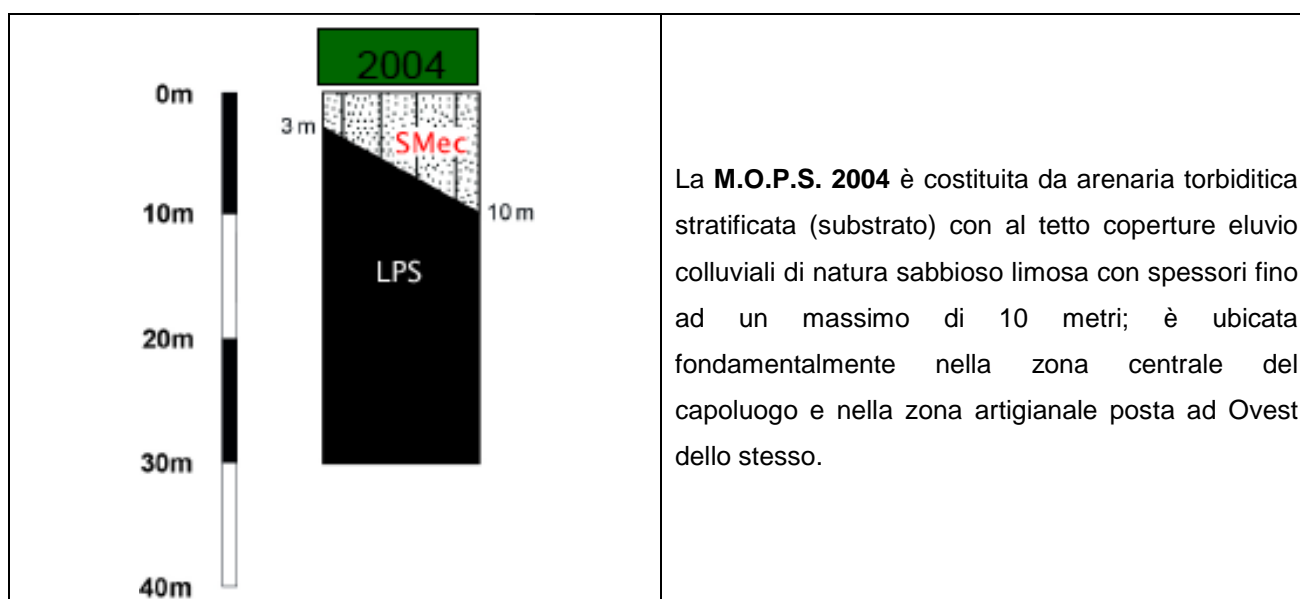
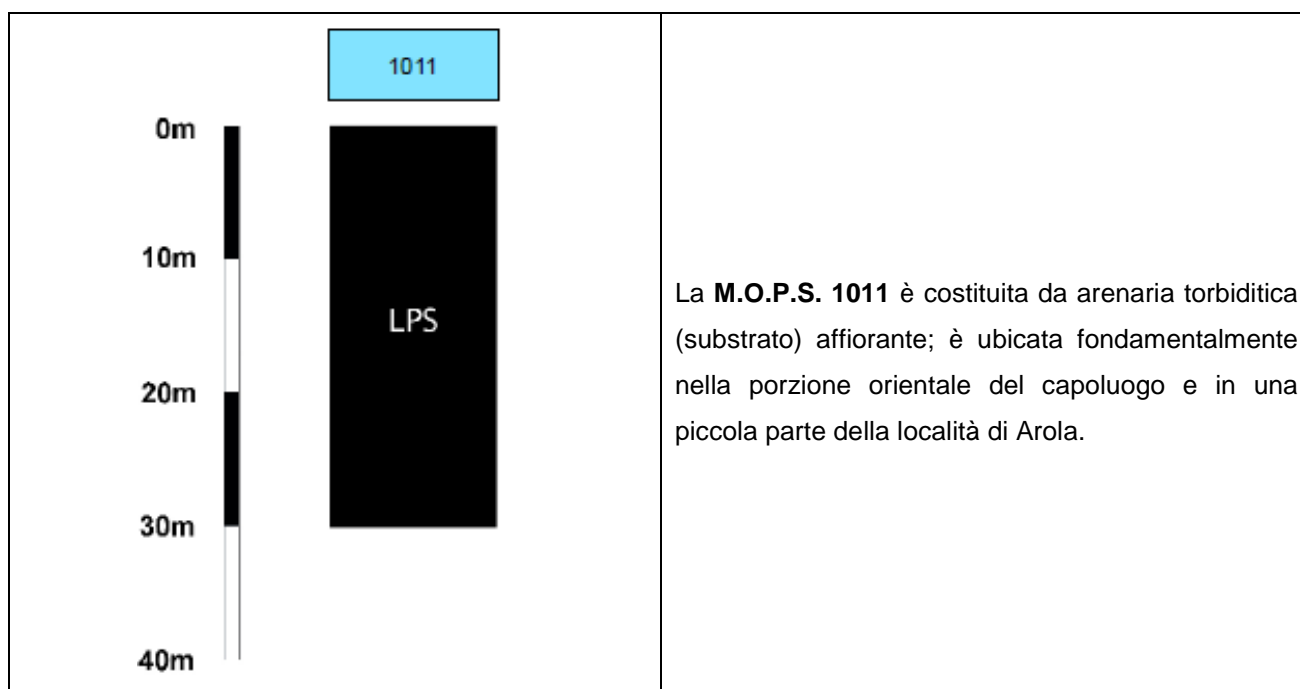
MOPS	Descrizione	Sigla	Spessore Coltre (m)	Vs (m/s)	Categoria di Suolo
1011	Substrato Lapideo stratificato	LPS	--	> 800	A
2004	Depositi eluvio colluviali di sabbie e limi sabbiosi	SMec	3-10	638	B
2008	Depositi eluvio colluviali di sabbie e limi sabbiosi	SMec	10-20	416	B

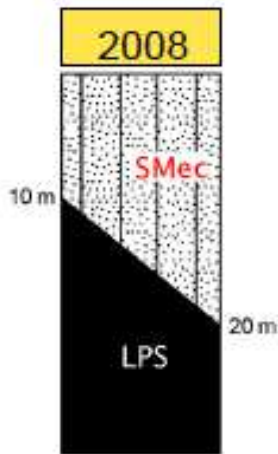
Tab.3: sintesi dei valori rappresentativi per ogni microarea

Per le finalità stesse del lavoro, i terreni affioranti sono stati raggruppati in funzione della litologia prevalente e dell'ambiente deposizionale che li ha originati, ovvero cercando di distinguere le varie unità litostratigrafiche in base ad un criterio di differenziazione del comportamento sismico. Inoltre, le diverse unità litostratigrafiche riconosciute sono state correlate singolarmente o in associazione nelle diverse unità e formazioni geologiche conosciute in letteratura.

I terreni affioranti sono descritti per intervalli cronologici in base alle loro principali caratteristiche sedimentologiche e stratigrafiche facendo riferimento al rilevamento geologico condotto, alle informazioni contenute nella cartografia geologica ufficiale e alle indagini pregresse ed eseguite ad hoc per il presente studio di Microzonazione Sismica.

I termini litostratigrafici presenti sul territorio comunale sono stati ampiamente descritti e nel paragrafo 3.3 a cui si rimanda per un approfondimento e riportati attraverso campiture piene nella Carta Geologico- Tecnica allegata al presente documento.





La **M.O.P.S. 2008** presenta le medesime caratteristiche litologiche della M.O.P.S. precedente, differenziandosi unicamente nello spessore delle coperture eluvio colluviali le quali hanno spessori da 10 metri fino ad un massimo di 20 metri; la si ritrova nella zona nord occidentale del capoluogo, nella località di Arola e nell'area di Colle Martino in frazione Capodipiano.

5.2 – Sezioni geologico tecniche

Le sezioni, in scala 1:5.000, sono state realizzate per la rappresentazione dell'assetto geologico strutturale nonché delle andamento del contatto coperture continentali quaternarie/substrato geologico.

Sono state realizzate n. 2 sezioni:

- la sezione A-A' : attraversa tutta l'area comunale relativa al capoluogo presa in esame dal presente studio;
- la sezione B-B' : attraversa in direzione Sud Est – Nord Ovest la località di Arola;

Si rimanda all'allegato relativo alla “Carta Geologico – Tecnica” per la rappresentazione grafica delle stesse.

6 INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE

Le incertezze del modello geologico (e geologico-tecnico) ricostruito sono fondamentalmente legate al fatto che si dispone di un modesto numero di sondaggi e indagini geognostiche tale da escludere un significativo grado di interpretazione da parte del soggetto realizzatore su quello che è il risultato finale. Se l'informazione fornita da un sondaggio non è in grado di trasmettere dettagli abbastanza precisi della stratigrafia in quel punto specifico, la correlazione di quell'informazione con altre, eseguite spesso a distanza non trascurabile, appare molto complessa e, per essere attuata, si deve far ricorso a delle semplificazioni che conducono necessariamente all'impossibilità di assumere tutte le informazioni iniziali fornite dal singolo sondaggio. Dal reperimento dei dati pregressi reperiti negli archivi tecnici del Comune di Venarotta, si è riscontrata una modesta presenza di indagini geognostiche riconducibile all'esistenza del substrato a profondità poco elevate rispetto al piano campagna dell'area microzonata. Al di sopra del substrato arenaceo si è avuta la deposizione di depositi eluvio colluviali con spessori da un minimo di 3 m ad un massimo di 20 m.

Le aree in attuale espansione sono quelle che hanno fornito un numero di indagini maggiori rispetto ad aree di meno recente edificazione.

Sulla base delle informazioni di natura geologica, geomorfologica e geotecnica precedentemente esposte, e seguendo le indicazioni provenienti dall'analisi geofisiche, sono state poi dedotte le considerazioni di tipo qualitativo circa il comportamento sotto sollecitazione dinamica dei terreni che caratterizzano parte del territorio comunale di Venarotta.

Le frequenze di risonanza sono state ottenute tramite l'elaborazione di indagini geofisiche HVSR; i valori sono stati correlati con gli abachi preliminari, tramite i quali è possibile stimare la profondità del contrasto di impedenza e valutarne qualitativamente l'entità identificando le interfacce risonanti. I risultati delle misure effettuate risultano essere compatibili e congrue con l'assetto stratigrafico dell'area studiata.

Durante l'esecuzione delle prove Down Hole (spinte fino a 35 metri di profondità e realizzate nei fori di sondaggio intercettanti il substrato) in tutte le verticali indagate è stato incontrato il bedrock sismico (ovvero uno strato con velocità di propagazione delle onde di taglio, $V_S > 800\text{ m/s}$) con Velocità delle onde S superiori a 1000 m/s .

Lo spessore dei depositi superficiali è stato stimato in base alle indagini indirette reperite e di nuova esecuzione, ponendo eventuali incertezze sul suo reale spessore; per evitare ciò sarebbe stato opportuno effettuare almeno un'indagine diretta mediante carotaggio continuo in modo da poter correlare le indagini dirette a quelle indirette in modo da diminuire le incertezze relative alla natura e spessori delle coperture nelle singole microaree.

7 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

7.1 – Scelta dell' input sismico e simulazioni numeriche

Nel presente studio è stata rilevata una *Zona Stabile* che si estende per gran parte del capoluogo, e due *Zone Stabili suscettibili di amplificazioni locali*, cioè zone in cui il moto sismico è modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di suolo a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e/o geomorfologiche del territorio.

Non sono state individuate aree comprese nell'ambito delle *Zone di attenzione per le instabilità di versante (ZAFR)*; nel territorio indagato non sono presenti faglie attive e capaci né potenzialmente attive e capaci - *Zone di attenzione per Faglie attive e capaci (ZAFAC)*; non sono state inoltre riscontrate condizioni tali da ipotizzare l'instaurarsi di fenomeni di liquefazione in caso di sisma - *Zone di attenzione per liquefazione (ZALQ)*.

Gli Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica indicano come valutare i fattori di amplificazione stratigrafica dell'azione sismica in *Zone Stabili suscettibili di amplificazioni locali*, sulla base del particolare ambito geomorfologico, geologico e geotecnico in cui ricade l'area in esame. Di conseguenza sono stati realizzati studi di risposta sismica locale con l'obiettivo di definire, attraverso simulazioni numeriche della propagazione del moto sismico dal basamento roccioso di origine alla superficie, gli accelerogrammi attesi a piano campagna, i relativi spettri di risposta ed i fattori di amplificazione rappresentativi.

Lo studio di risposta sismica locale è stato condotto utilizzando il codice di calcolo STRATA che consente di eseguire simulazioni di propagazione monodimensionale del moto sismico in depositi di terreno stratificati orizzontalmente ed in condizioni di campo libero. Il modello di strati orizzontali e paralleli è stato ritenuto rappresentativo delle reali condizioni del sottosuolo in corrispondenza dei siti oggetto di studio. Si basa sul codice SHAKE computando la risposta dinamica unidimensionale del sito utilizzando l'approccio di analisi lineare equivalente.

Il comportamento non lineare e dissipativo del terreno (riduzione della rigidezza a taglio, G e incremento dello smorzamento, D all'aumentare delle deformazioni di taglio, γ indotte dal sisma) è tenuto in conto attraverso tale approccio lineare equivalente; ovvero il codice esegue una serie di analisi lineari complete in tensioni totali aggiornando iterativamente la rigidezza e lo smorzamento del terreno al crescere delle deformazioni, fino al raggiungimento di un prefissato criterio di convergenza. È pertanto stato importante determinare sperimentalmente con la massima accuratezza possibile la rigidezza iniziale di ogni strato di terreno, le curve di decadimento del modulo $G(\gamma)$ e di incremento del damping $D(\gamma)$.

I parametri di input necessari all'esecuzione di un'analisi di risposta sismica locale attraverso il codice Strata sono stati:

- la sequenza stratigrafica e la profondità del substrato sismico;
- il peso dell'unità di volume γ_n e la rigidezza a taglio iniziale G_0 per ogni strato;
- le curve di decadimento del modulo di taglio, $G(\gamma)$ e di incremento del damping, $D(\gamma)$, dove γ = deformazione a taglio per ogni strato;
- gli accelerogrammi di input.

Le sequenze litostratigrafiche utilizzate per le simulazioni numeriche sono state dedotte dall'analisi critica delle indagini geologiche geotecniche e geofisiche e ricondotte alle microzone determinate (Cap. 5 Modello del sottosuolo).

Il peso dell'unità di volume delle unità delle coperture è stato posto pari a un valore pari a 19 kN/m³.

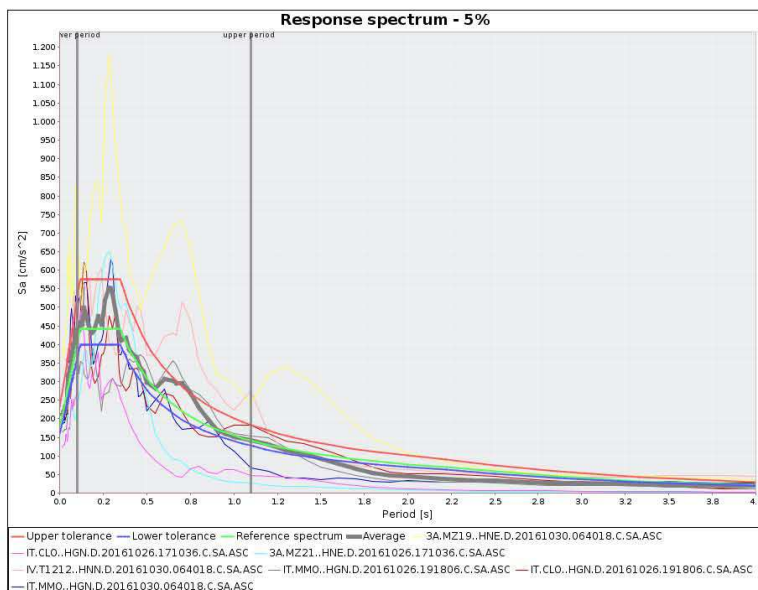
Le curve di decadimento del modulo $G(\gamma)$ e di incremento del damping $D(\gamma)$ utilizzate per le analisi di risposta sismica locale sono state reperite da misure su litotipi simili provenienti da dati bibliografici come consigliato dalla commissione durante i vari incontri.

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

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

MARCHE3 - VENAROTTA (475yrs)

Mon Jul 10 15:13:59 CEST 2017

**Target spectrum**

=====

Latitude: 42.88118

Longitude: 13.49282

Site classification: A

Topography: 1

Nominal life [years]: 50

Building functional type (Cu): 1.0

Limit state probability : 0.1

Preliminary record search

=====

Station site classification: A,A*

Magnitude min: 5.0

Magnitude max: 6.1

Types of magnitude considered: WL

Epicentral distance min [km]: 0.0

Epicentral distance max [km]: 30.0

Include late trigger events: no

Include analog recordings: no

Analysis options

=====

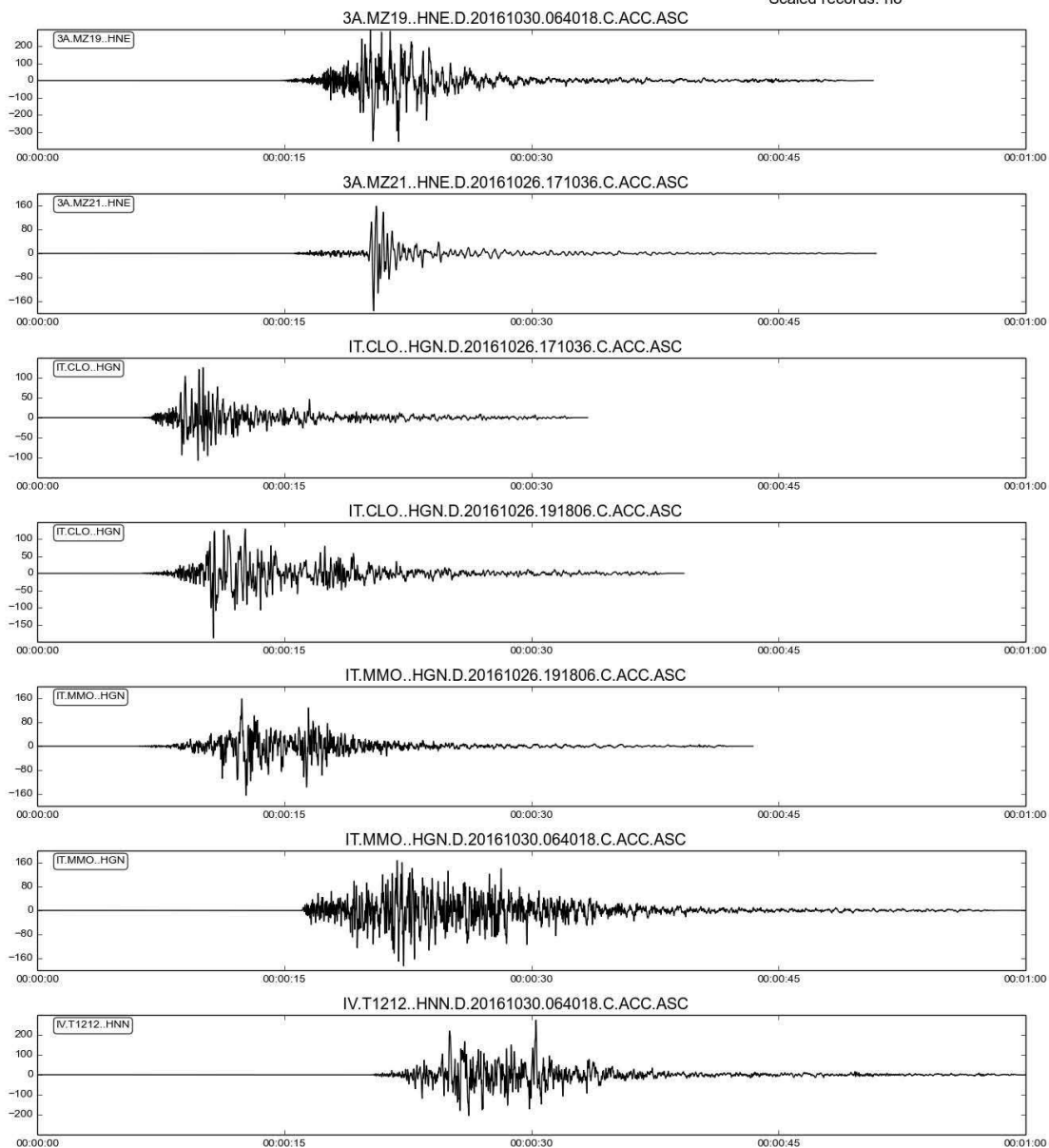
Period range min [s]: 0.1

Period range max [s]: 1.1

Tolerance below average [percent]: 10.0

Tolerance above average [percent]: 30.0

Scaled records: no



7.1.3 – Risultati

I risultati delle analisi di risposta sismica locale monodimensionale 1D sono rappresentati nel seguito in termini di spettri di risposta di pseudoaccelerazione PSA dei moti sismici calcolati in superficie e per mezzo dei fattori di amplificazione del moto sismico, definiti secondo tre intervalli di periodo come:

$$FA_{0,1 - 0,5} = \frac{SI_{0,1 - 0,5} \text{ PSA output}}{SI_{0,1 - 0,5} \text{ PSA input}}$$

$$FA_{0,4 - 0,8} = \frac{SI_{0,4 - 0,8} \text{ PSA output}}{SI_{0,4 - 0,8} \text{ PSA input}}$$

$$FA_{0,7 - 1,1} = \frac{SI_{0,7 - 1,1} \text{ PSA output}}{SI_{0,7 - 1,1} \text{ PSA input}}$$

dove:

PSA output = spettro di risposta di pseudo-accelerazione del moto sismico, calcolato in superficie;

PSA input = spettro di risposta di pseudo-accelerazione del moto sismico di input.

Riepilogando:

Microzone	FA		
	0,1 - 0,5	0,4 - 0,8	0,7 - 1,1
2004	1,43	1,06	1,03
2008	1,98	1,67	1,33

8 ELABORATI CARTOGRAFICI

8.1 – Carta delle indagini

Lo studio di Mzs è stato realizzato prendendo in considerazione indagini distribuite in tutto il territorio comunale e costituite da indagini di tipo geotecnico, geologico e geofisico.

La maggior parte delle indagini deriva da lavori pregressi, archivi privati, comunali e regionali, mentre una parte di queste rientra all'interno di una campagna indagini di nuova realizzazione effettuata allo scopo di ottenere una migliore copertura territoriale dei dati e maggiori informazioni riguardanti le aree ad elevato interesse urbanistico.

Le tipologie di indagini sono state affrontate nell'apposito paragrafo del presente lavoro.

Le indagini sono state catalogate tramite il Software SoftMS e riportate, in formato .pdf, nella cartella "indagini" all'interno del sistema di archiviazione adottato. Tramite l'utilizzo di tale software ad ogni prova viene assegnato un identificativo oltre ad informazioni relative ad ubicazione, profondità di indagine, parametri geologico-tecnici e stratigrafie.

Dalla carta delle indagini si evince che la maggior concentrazione di prove risulta ubicata nel capoluogo, nella porzione sud orientale.

8.2 – Carta delle frequenze naturali dei terreni

Il presente lavoro ha prodotto la carta delle frequenze, ovvero i valori ricavati dai grafici di picco H/V delle indagini HVRS. Nella carta vengono indicate collocazioni puntuali delle indagini, e con una simbologia idonea e gradata, viene riportato il grado di intensità della frequenza. La cartografia così strutturata, permette di avere un quadro di lettura immediato sulle aree caratterizzate da maggiore frequenza rispetto a quelle che vedono una frequenza minore.

Il valore della frequenza è infatti funzione della profondità del bedrock: i risultati che si possono ottenere da questa tecnica rivelano principalmente la frequenza caratteristica di risonanza del sito. Essa rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nel realizzare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, al fine di evitare effetti di "doppia risonanza", estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi.

Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali dei sottosuoli; informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismometro Geobox della SARA Instrument, con frequenza propria di 4,5 Hz, di proprietà del sottoscritto. In allegato al presente studio sono riportate le schede metadati della campagna indagini.

8.3 – Carta geologico tecnica per la MS

Si tratta di un elaborato di fondamentale importanza per la definizione dei caratteri litotecnici delle unità geologiche affioranti e rappresenta lo strumento di base per la redazione della carta delle M.O.P.S. (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica).

La carta del comportamento fisico-meccanico dei terreni è stata realizzata attraverso l'incrocio dei dati geomeccanici su quelli delle unità litostratigrafiche.

Per la sua definizione sono state valutate: le caratteristiche geotecniche dei diversi complessi e formazioni litologiche; i parametri geomeccanici che fanno riferimento a dati relativi a composizione litologica, alla densità

specificata, al contenuto d'acqua, allo stato di consistenza e compattezza dei terreni intesa come grado d'addensamento, grado di fratturazione ed alterazione ecc., dati ricavati dalle indagini in sito reperite per lo studio. La descrizione delle unità geologiche e litotecniche individuate nonché le caratteristiche geotecniche delle stesse sono ampiamente riportate nel Paragrafo 3.3 e nella medesima cartografia di riferimento.

All'interno della Carta Geologico tecnica sono presenti le sezioni geologiche realizzate sul territorio comunale.

8.4 – Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

Tale elaborato è stato prodotto negli Studi di Microzonazione Sismica di 1 livello, poi successivamente revisionato e modificato in alcune sue parti ; il prodotto cartografico individua le aree suscettibili di effetti locali in cui sono poi state effettuate le successive indagini di Microzonazione Sismica di livello 3.

Come si evince dalla cartografia di primo livello, il territorio comunale non presentava zone definite stabili, ma solo aree stabili suscettibili di amplificazione locale.

In precedenza erano state individuate 9 zone (M.O.P.S.) nell'intero territorio comunale. A seguito delle perimetrazioni della microzonazione di livello 3, alcune di queste microaree sono rimaste totalmente fuori dal territorio investigato. Si sono comunque rilevate n. 3 M.O.P.S. totali all'interno dell'area di investigazione, una catalogata come area stabile e le due rimanenti come aree suscettibili di amplificazione.

Nello studio del primo livello erano presenti zone di instabilità di versante ubicate nella porzione nord orientale (frane di colamento attive), e nella parte sud orientale, nella frazione di Gimigliano (frana di colamento quiescenti).

Nell'attuale studio invece non sono state rilevate zone di instabilità, come già precedentemente annoverato nei paragrafi precedenti.

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

Tale cartografia costituisce il documento fondamentale all'interno del quale si ricaveranno i valori numerici oggettivi di amplificazione derivate dalle analisi geofisiche condotte.

Per le aree oggetto di microzonazione sismica di terzo livello sono stati attribuiti indici quantitativi che definiscono, in base alle condizioni stratigrafiche e topografiche, l'amplificazione sismica attesa ($T_r = 475$ anni; $\zeta = 5\%$).

In particolare si ricaveranno nei punti di indagine i valori F_a (valore del fattore di amplificazione in termini di accelerazione sismica) calcolati mediante modellazione numerica (codice di calcolo STRATA).

Nello specifico, la carta di microzonazione sismica si compone per ogni microzona individuata di tre fattori di amplificazione, calcolati per differenti intervalli di periodo.

Nelle zone di studio sono contemplate solamente aree stabili suscettibili di amplificazione sismica.

All'interno di queste zone, si sono raccordati i valori di Fattore F_a derivati dalle indagini, sommandoli ad eventuali amplificazioni topografiche: l'elaborazione ha portato a strutturare delle zonizzazioni per omogeneità di frequenza secondo queste classi.

In linea generale si può affermare che i valori dei fattori di amplificazione evidenziano comportamenti di risposta sismica sensibilmente differenziati in rapporto alle caratteristiche litologiche del substrato, ed al tipo di copertura e spessori che ad esso competono.

La microzonazione riportata in cartografia, basata sui Fattori di amplificazione elaborati con abachi e metodi semplificati, dovrà essere quindi utilizzata come approccio per inquadrare la possibile risposta sismica locale e per progettare la tipologia di indagini necessarie in sede esecutiva.

8.6 – Commenti finali e criticità

L'analisi dettagliata ha permesso di dividere il territorio studiato in fasce di fattore di amplificazione FA omogeneo secondo le classi descritte. E' evidente che a maggiori Fa corrispondono maggiori amplificazioni date dalla componente stratigrafica sommata, in alcuni casi a quella topografica.

Tale informazione sarà quindi indispensabile per le future progettazioni che ricadranno nel sito esaminato e questa tavola costituisce l'elemento di base per i dimensionamenti delle future opere.

La M.O.P.S. 1011 risulta "Zona Stabile" e pertanto presenta valori del Fattore di Amplificazione $FA=1$.

Per quanto riguarda la M.O.P.S. 2004 si evidenziano fattori di amplificazione mediamente compresi tra $FA= 1,43$ con $0.1 < T < 0.5$ s, $FA= 1,06$ con $0.4 < T < 0.8$, $FA= 1,03$ con $0.7 < T < 1.1$ s. Esclusa la zona stabile, questa microzona presenta i valori di amplificazione più bassi di tutto il territorio comunale, caratterizzata da substrato arenaceo con coperture di modesto spessore (da 3 m a 10 m).

I valori più alti di amplificazione sono quelli relativi alle formazioni con coperture i cui spessori raggiungono i 20 metri.

La M.O.P.S 2008 presenta infatti valori mediamente più elevati con $FA= 1,98$ con $0.1 < T < 0.5$ s, $FA= 1,67$ con $0.4 < T < 0.8$, $FA= 1,33$ con $0.7 < T < 1.1$ s; tali valori sono legati, più che alla litologia, comune alla M.O.P.S. 2004, al maggior spessore delle coperture; è evidente come, localmente, la differenza di spessore nella copertura possa influenzare in maniera preponderante le condizioni di amplificazione locale

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), approvate con D.M. 14.01.2008, richiedono che nella progettazione siano affrontati aspetti comuni agli studi di MS. Occorre distinguere la scala alla quale si opera. Infatti la progettazione è riferita ad uno specifico manufatto (scala del manufatto) e quindi riguarda ambiti territoriali che possono essere estremamente limitati, mentre la MS opera su una scala areale ed è riferita ad una microzona la cui estensione può essere notevole, in dipendenza delle condizioni di relativa omogeneità dei suoli (scala della microzona). In genere, quindi, lo studio a supporto della progettazione fornisce informazioni più puntuali di quelle che si possono ottenere dagli studi per la MS. Quest'ultima, di contro, offre informazioni relative ad aree più estese e quindi mette a disposizione una conoscenza più diffusa, di sicuro interesse anche per la pianificazione urbanistica e la pianificazione di emergenza.

9 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Sulla base dei dati di letteratura non si hanno dati storici relativi a zone epicentrali ricadenti strettamente nell'ambito del territorio comunale.

Come già schematizzato nel capitolo 2, nel territorio comunale di Venarotta sono stati registrati storicamente episodi sismici. Chiaramente le informazioni dei danni riguardanti gli eventi dei secoli scorsi non evidenziano un'adeguata quantità di notizie per poter comparare adeguatamente la distribuzione dei danni riguardo i passati eventi tellurici e comunque non si hanno notizie riguardanti distruzioni nelle aree del territorio di Venarotta.

La storia sismica del comune inizia nel XX secolo con il terremoto tra Marche ed Abruzzo del 1943 con epicentro tra Offida e Castignano; ampiamente coinvolta tutta la provincia di Ascoli Piceno con molti danni ed alcuni morti.

Il biennio 1950-1951 vede l'area del Gran Sasso e dei Monti della Laga sede di un'attività sismica abbastanza intensa, culmine della quale è il terremoto del 5 settembre 1950 di Mw 5.7. Secondo i cataloghi sismici nazionali questo evento è il più significativo di quelli con origine nell'area, che nel complesso è sede di una moderata attività sismica; Lo scenario degli effetti vide una estesa area di danneggiamento tra le province di Rieti, Teramo, Pescara e Ascoli Piceno. L'evento del 5 settembre 1950 interessò abitati che già avevano subito gli effetti del forte terremoto di Ascoli Piceno del 1943; a rendere più severi gli effetti del terremoto vi era inoltre lo stato della maggior parte degli edifici, che, per mancanza di manutenzione dovuta alla povertà e alla guerra, non erano certamente in buone condizioni. Al proposito, Di Filippo e Marcelli nel 1951 asseriscono "... le case sono malsicure ed assolutamente inadatte a resistere ad un terremoto ". Dopo appena un anno, nel settembre del 1951, una scossa di terremoto della durata di 4 secondi colpisce ancora le Marche. Tra i comuni più colpiti Sarnano e Cessapalombo. Coinvolti anche i paesi di Palmiano, Force e Rotella. Grande panico tra la popolazione. La scossa è stata avvertita anche a Roma. L'area di massimo danneggiamento è in una zona montuosa al confine tra le province di Ascoli Piceno e di Macerata.

Tra il 1997 e 1998, l'Appennino umbro-marchigiano è interessato da una serie di eventi sismici con un'ampia area di danneggiamento; due scosse di 5.8 e 6.1 Richter tra Umbria e Marche provocarono 11 morti e la distruzione di numerose frazioni del comune di Foligno ed altri centri. Ad Assisi crolla una vela della volta della Basilica superiore di San Francesco. La terra tremò a lungo, per più di un anno, iniziando nella primavera del 1997.

Nel 2004 si rilevò una scossa di terremoto nella provincia di Teramo (nei Comuni di Torano Nuovo, Sant'Omero, Sant'Egidio alla Vibrata e Nereto), percepita anche nel Piceno, da Ascoli a S.Benedetto, di magnitudo 4 Richter; la scossa fu avvertita dalla popolazione, ma non furono registrati danni, né richieste di intervento o di soccorso.

Anche se non annoverata nell'archivio storico dei sismi di Venarotta, ricordiamo il terremoto che colpì la città dell'Aquila nel 2009. Il sisma, preceduto da diverse scosse con lievissimi danni nei giorni precedenti è stato registrato in tutta la sua violenza alle ore 3:32 della notte tra domenica 5 e lunedì 6 aprile. La scossa, insieme a quelle che seguirono nei giorni successivi, anche fortissime seppure di grado inferiore, fu nettamente percepita in tutto il centro Italia, soprattutto a Teramo, Rieti fino all'ascolano.

E' stato possibile osservare, a seguito della crisi sismica dell'Appennino centrale del 2016, evidenti effetti secondari legati al terremoto con aree epicentrali relativamente distanti dal luogo oggetto di studio.

In linea generale il territorio non ha subito danni significativi a seguito della sequenza sismica, situazione legata alla natura dell'edificato di più o meno recente realizzazione presente sul territorio per il quale non si sono verificati danni di alcun genere, se non di modesta entità. Per i rari casi che hanno subito danneggiamenti cospicui le cause sono da ricercare anche nella tipologia costruttiva del patrimonio edilizio.

10 – BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1991) – Ambiente fisico delle Marche – Geologi – Geomorfologia – Idrogeologica. Carta Geologica delle Marche- Regione Marche - S.E.L.C.A. s.r.l. Firenze, 255 pp.
- ALBARELLO D., BOSI V., BRAMERINI F., LUCANTONI A., NASO G., PERUZZA L., REBEZ A., SABETTA F. & SLEJKO D., 2000 – Carte di pericolosità sismica del territorio nazionale. Quaderni di Geofisica, 12, 1-7.
- ALFONSI L, SAGNOTTI L and GALADINI F 1995 – Paleomagnetism of the Plio-Pleistocene continental sediments from the north-eastern edge of the Fucino basin (Central Italy). Istituto Nazionale di Geofisica, Roma, Italy.
- AMBRASEYS, N. (1988). Engineering Seismology. Earthquake Engineering and Structural Dynamics. Vol 17.
- APAT (2005) - PROGETTO IFFI Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia.
- Basili R., Valensise G., Vannoli P., Burrato P., Fracassi U., Mariano S., Tiberti M.M. e Boschi E. (2008) – The Database of Individual Seismogenetic Sources DISS, version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology. Tectonophysics, in press.
- CALAMITA F. (1990) - *Thrusts and fold related structures in the Umbria-Marche Apennines (Central Italy)*. Annales tectonicae, 4, 83-177.
- CANTALAMESSA G., CASNEDI R., CENTAMORE E., CHIOCCHINI U., COLALONGO M. L., CRESCENTI U., MICARELLI A., NANNI T., PASINI G., POTETTI M. & RICCI LUCCHI F. (1986) – *Il Plio-Pleistocene marchigiano-abruzzese. Guida all'escursione del 7-10 Ottobre. 73° Congresso della Soc. Geol. It., Camerino, 43 p.p*
- CANTALAMESSA G., CENTAMORE E., DIDASKALOU P., MICARELLI A., NAPOLEONE G. & POTETTI M. (2002) – *Elementi di correlazione nella successione marina plioleistocenica del bacino periadriatico archigiano. Studi Geologici Camerti*
- CENTAMORE, E., NISIO, S., (2003). Significant events in the Periadriatic foredeeps evolution (Abruzzo-Italy). Studi Geol. Camerti, Numero speciale 2003, 39-48.
- CENTAMORE E., CRESCENTI U. & DRAMIS F. EDS. (2006) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 304, Servizio Geologico d'Italia, APAT Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici, pp. 115, Firenze.
- Deiana G., Centamore E. (1986) – La geologia delle Marche. Carta Geologica delle Marche – Studi geologici Camerti, Dipartimento di Scienze della Terra Università di Camerino
- D.M. 14 gennaio 2008 “Norme Tecniche per le costruzioni” e CIRCOLARE 02.02.2009.
- Gruppo di Lavoro CPTI, 1999. Catalogo Parametrico Dei Terremoti Italiani, ING, GNDT, SGA, SSN, Bologna, 92 pp. (<http://emidius.itim.mi.cnr.it/CPTI/home.html>).
- Gruppo di Lavoro MS (2008) – Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Prov. autonome, Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Cd-rom.
- Gruppo di Lavoro MS–AQ (2010) Microzonazione sismica per la ricostruzione dell'area aquilana. Regione Abruzzo – Dipartimento della Protezione Civile, L'Aquila, 3 vol. e Cd-rom.
- <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI-> a cura di A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi - 2011. CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna.

- <http://sgi1.isprambiente.it/GeoMapView/index.html>.
- INGV - Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale.
- Manual for Zonation on Seismic Geotechnical Hazards. The Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering.
- Nakamura Y. (1989) – A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface. Quarterly Rept. RTRI, Japan 33, pp. 25-33.