



# COMUNE di PALOMONTE (Sa)

## oggetto: PIANO URBANISTICO COMUNALE (PUC)

(L.R. 16 del 22/12/2004 e s.m.l. - Regolamento di Attuazione n° 5 del 04/08/2011 - BURC n° 53 dell' 08/08/ 2011)

## fase: PIANO STRUTTURALE DEL PUC

(a tempo indeterminato ex art.9, del Regolamento)

# STUDIO GEOLOGICO

(L.R. 9 del 07/01/1983 e s.m.i - D.M. 14/01/2008)

Approvato con Delibera di C.C. n. 12 del 31.05.2013

IL SINDACO:  
(dr. Pietro Caporale)

1:25000 <input type="radio"/>	1:10000 <input type="radio"/>	1:5000 <input type="radio"/>	1:2000 <input checked="" type="radio"/> ① ② ③	<input checked="" type="radio"/> <b>Q</b> QUADRO CONOSCITIVO	<input type="radio"/> <b>P</b> QUADRO PROGETTUALE	
				<input type="radio"/> QC1 - Quadro normativo e di pianificazione <input checked="" type="radio"/> QC2 - Quadro ambientale <input type="radio"/> QC3 - Quadro strutturale economico e sociale <input type="radio"/> QC4 - Quadro strutturale morfologico	<input type="radio"/> P1 - Trasformabilità del Territorio <input type="radio"/> P2 - Classificazione delle Aree <input type="radio"/> P3 - Relazione Illustrativa e Norme <input type="radio"/> P4 - Rapporto Ambientale (VAS)	
TERRITORIO COMUNALE					sigla all.to	numero all.to
RELAZIONE GEOLOGICA					QC2.01.0	10
PROGETTO URBANISTICO : dr. arch. Pio CASTIELLO ( Capogruppo RTP) - dr. arch. Michele Carluccio, dr. arch. Donato Ficetola, dr. arch. Paola D'Onofrio STUDIO GEOLOGICO : dr. geol. Antonio Toscano STUDIO AGRONOMICO : dr. agr. Angelo Iride ZONIZZAZIONE ACUSTICA : prof. Gennaro Lepore						

ing. Francesco Lucibello  
(Responsabile dell'Area Tecnica)  
(RUP)

dr. Antonio Toscano  
(geologo)

## **1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO**

Per incarico dell'Amministrazione Comunale di Palomonte, giusta Convenzione n.1 del 23.01.2009, abbiamo redatto la presente Relazione conclusiva relativa alle Indagini Geologiche-Tecniche eseguite sull'intero comprensorio comunale, a corredo del P.U.C. ai sensi della Legge Regionale n.9/83, della Delibera della Regione Campania n.5447 del 07.11.2002, dell'Ordinanza n°3274 del 20/03/2003 del Consiglio dei Ministri “criteri per l'individuazione delle zone sismiche – norme tecniche di progetto”, O.P.C.M. 3431/2005, Deliberazione n. 834 dell'11.05.2007 della REGIONE CAMPANIA- area generale di coordinamento n.16 – governo del territorio, tutela beni, paesistico ambientali e culturali e del D.M. 14 gennaio 2008.

In ottemperanza alla succitata Legge Regionale n.9/83 e segnatamente a quanto previsto dagli artt.11-12-13 e 14 per gli strumenti urbanistici e alla Deliberazione n. 834 dell'11.05.2007 della REGIONE CAMPANIA, si è proceduto ad un programma di indagini dirette alla determinazione di tutti i parametri necessari per una caratterizzazione geologica-tecnica del Territorio Comunale, nonché per la zonizzazione dello stesso in prospettiva sismica.

Inoltre, come dettato dai succitati articoli, sono state redatte le carte tematiche rispondenti alla caratterizzazione dell'intero territorio.

## **2. PIANO DI LAVORO**

Il lavoro è stato eseguito in più fasi.

Nella prima fase si è proceduto ad un accurato studio geomorfologico dell'area interessata, valutando, tra l'altro, i suoi rapporti con le strutture naturali ed artificiali esistenti ricorrendo anche alla consultazione di testi e carte tematiche fornite dalla letteratura tecnica esistente; nella seconda fase, invece, si è proceduto ad accertare le caratteristiche dei litotipi rinvenibili nel sottosuolo sia sotto il profilo geostratigrafico che quello geotecnico e sismico.

Al fine di ottenere un'esatta caratterizzazione si è provveduto ad eseguire indagini in varie direzioni ubicate in punti di notevole interesse, secondo una distribuzione tale da coprire sufficientemente il territorio comunale (**vedi tavola n.11 QC2.01.1**).

### **2.1 Prove tecniche eseguite in sito e in laboratorio**

- **Sondaggi geognostici** in numero di 4 eseguiti con sonda a carotaggio continuo e munita di apparecchiatura atta ad attraversare terreni franosi, nonché di carotiere per il prelievo di campioni. Durante tale fase sono state rilevate le sequenze litologiche presenti nel substrato dei punti sondati e prelevati n.4 campioni indisturbati dagli orizzonti più significativi;

- **n.20 prove penetrometriche** del tipo Standard Penetration Test (S.P.T.) dirette alla determinazione della resistenza meccanica degli strati di interesse geotecnico ed effettuate in foro nel corso delle terebrazioni dei sondaggi geognostici;

- **Indagine Sismica**, allo scopo di acquisire gli elementi necessari alla zonizzazione del territorio in prospettiva sismica; a tal fine sono stati eseguiti n.10 stendimenti sismici MASW;

- **Analisi di laboratorio**, con le quali sono stati esaminati i campioni indisturbati prelevati nel corso delle trivellazioni. Le prove effettuate su di essi sono state dettate da esigenze geotecniche in senso stretto e da esigenze finalizzate all'analisi sismica. I tests eseguiti hanno riguardato la granulometria, i parametri fisici, l'angolo di attrito interno determinato attraverso prove "Consolidate drenate" le quali simulano il comportamento dei materiali sotto l'azione di carichi statici, come quelli esplicabili da un manufatto.

### **3. ASPETTI EVOLUTIVI GEOLOGICO-STRUTTURALI DELL'AREA**

Il comprensorio comunale di Palomonte, la cui superficie è di 28,27 kmq, fa parte del Foglio n.198 della Carta d'Italia.

Al fine di meglio inquadrare il territorio sotto l'aspetto geologico-strutturale e geomorfologico, abbiamo ritenuto opportuno descrivere la storia evolutiva, a livello regionale, dell'area in cui ricade il Comune di Palomonte.

#### **3.1 L'Appennino Meridionale**

E' dagli inizi degli anni '60 che gli studiosi hanno incrementato le loro ricerche tese alla conoscenza e alla caratterizzazione dell'Appennino meridionale, spinti sia dalla ricerca eseguita nelle Università, sia dall'Industria pubblica e privata. Grazie a studi stratigrafici approfonditi, alla moderna visione dei rapporti geometrici tra i corpi geologici ed all'individuazione dei principali sistemi di accavallamento di estensione regionale, si è arrivati ad una ricostruzione dei vari domini e all'elaborazione di modelli evolutivi.

L'Appennino campano rappresenta parte di una catena neogenica a falde di ricoprimento costituita sia da terreni carbonatici di piattaforma che da terreni di bacino, derivati dalla deformazione di domini paleogeografici ubicati sul margine continentale africano.

A partire dal Miocene inferiore-medio e fino al Pliocene superiore si sarebbero avuti per lo più movimenti di accavallamento e traslazione delle coltri. Solo dal Pliocene in poi i movimenti sarebbero stati per lo più verticali e avrebbero portato al sollevamento dei vari segmenti della catena.

Sono stati proposti finora diversi modelli per la distribuzione paleogeografica dei domini appenninici meridionali prima della tetto-genesi miocenica.

Le teorie formulate all'inizio del secolo presentano un'impostazione prettamente autoctonista, anche *De Lorenzo* nel 1937 sostiene l'autoctonia dell'Appennino meridionale, una struttura ad horst e graben originatasi, secondo l'Autore, per effetto delle fasi neo-tettoniche. In seguito a tali eventi i graben sarebbero stati parzialmente riempiti dalle "frane orogeniche".

La prima moderna visione dell'evoluzione neogenica dell'Appennino meridionale, si deve a *Selli* (1962). Nella sua opera: "*Sulla trasgressione del Miocene dell'Italia meridionale*" viene infatti enfatizzato il ruolo di una grande trasgressione avvenuta nel Miocene. La caratteristica più importante di questo fenomeno viene individuata nell'enorme estensione areale.

Tutta l'Italia centro-meridionale, all'incirca a sud della congiungente Pescara-Roma, sarebbe stata interessata, infatti, da una grande ingressione marina resa evidente da depositi miocenici.



Questa trasgressione si sarebbe svolta in due fasi distinte.

In una prima fase, di età Langhiana, ma preceduta da parziali sommersioni Aquitaniene, il mare avrebbe invaso i domini paleogeografici di tutto l'Appennino meridionale fino alla porzione settentrionale della catena costiera calabra e forse, buona parte delle avanfosse appenniniche antistanti.

In una seconda fase, di età Elveziana, sarebbero stati sommersi il Gargano, le Murge ed i massicci cristallino-metamorfici della Calabria. Tale fase avrebbe interessato anche parte della Lucania meridionale sommergendo le ultime “*isole*” (M. Alpi) ed interessando, con l'apporto di depositi risedimentati, anche aree già di dominio marino.

Pochi anni più tardi, nel 1962, Selli propone un modello di formazione della catena appenninica meridionale, riconoscendo quattro grandi elementi strutturali:

*il retroarco tirrenico;*

*la catena appenninica* (Unità Abruzzese-Laziale, Sannitico-Irpina, Silentino-Lucana);

*l'avanfossa appenninica;*

*L'avampaese appenninico.*

L'Autore ammette l'esistenza di un unico substrato carbonatico mesozoico definito “paleoautoctono”, depositatosi cioè prima dell'arrivo delle coltri.

Questo substrato sarebbe stato interessato da un fenomeno di subsidenza dando luogo alla formazione di una “avanfossa” la quale avrebbe migrato da ovest verso est e dove, a causa di scivolamenti gravitativi, si sarebbero depositate cinque grandi unità alloctone (oltre Molisana, Sannitica, Silentino-Nordcalabrese-Lagonegrese, Lucana e Rossanese), di provenienza per lo più tirrenica, che l'Autore indica con i termini “*coltri di ricoprimento*” o “*gruppi di coltri di ricoprimento*”.

Il loro spostamento però non sarebbe avvenuto in un unico atto e con uniformità, ma si sarebbe svolto a più riprese con numerose soste in “*patrie o bacini intermedi*”.

Ognuna di queste grandi unità sarebbe oggi costituita da due tipi fondamentali di materiale che l'Autore chiama rispettivamente “*terreni caotici*” (argille scagliose) e “*zolle inglobate*” (esotici, lembi di ricoprimento).

Le coltri di scivolamento gravitativo dell'Appennino meridionale sono pervenute all'attuale giacitura in tempi diversi; tra un arrivo e l'altro è passato un intervallo di tempo sufficientemente lungo che ha permesso il deposito, nell'avanfossa, di potenti sedimenti flysciodi, che l'Autore chiama col termine di “*mesoautoctoni*”, accumulati cioè tra l'arrivo di una coltre e di un'altra successiva.

Nel 1963 *Manfredini* elabora un suo modello geologico.

Egli distingue cinque unità tettoniche in Italia meridionale disposte secondo fasce parallele, orientate circa in direzione NW:

Cilento;

- Appennino calcareo meridionale;
- Depressione sudappenninica (divisa in Depressione molisana a nord e Depressione lucana a sud);
- Fossa bradanica;
- Avampaese pugliese.

Il modello che si ispira alle concezioni delle geosinclinali, prevede limitati e locali processi deformativi e assenza di falde di ricoprimento. La depressione sud-appenninica si sarebbe formata nel Cretacico medio.

Alcuni autori quali *Pieri* (1968) e *Ogniben* (1969) hanno sostenuto lo schema classico delle geosinclinali che proprio in quegli anni veniva applicato alle regioni periadriatiche da *Abouin*.

In sostanza fino agli anni settanta veniva accettato un modello, in chiave sia tettonica che paleogeografica, che ammetteva nel Mesozoico l'esistenza di due aree di mare basso, separate da un bacino intermedio, le cui testimonianze sono riconoscibili in Appennino meridionale nei grandi corpi geologici che costituiscono l'attuale ossatura della catena.

Un nuovo schema dell'Appennino meridionale viene proposto da *D'Argenio* e *Scandone* (1970) e poi meglio precisato da *D'Argenio*, *Pescatore* e *Scandone* (1973). Essi nell'Italia meridionale riconoscono tre elementi di primo ordine:

- Catena appenninica s.s.;
- Avanfossa bradanica;
- Avampaese pugliese.

La catena sud-appenninica sarebbe costituita da una serie di coltri di ricoprimento, messe in posto essenzialmente durante il Miocene.

Sulle coltri sarebbero trasgressivi depositi clastici mio-pliocenici, a loro volta interessati dalle ultime fasi tettogenetiche. L'Avanfossa bradanica, il cui substrato sarebbe costituito dal tetto dei carbonati dell'Avampaese pugliese ribassato a gradinata verso l'Appennino, risulterebbe colmata da terreni pliocenici e quaternari inglobanti masse alloctone provenienti dal fronte appenninico.

Infine, l'Avampaese pugliese sarebbe costituito da una successione di carbonati neritici che ricoprono un basamento non affiorante.

L'Appennino meridionale sarebbe dunque un edificio tettonico a coltri di ricoprimento i cui terreni possono essere raggruppati in unità stratigrafico-strutturali.

Gli Autori con questo termine intendono definire grandi corpi geologici, unitari e/o in frammenti e non necessariamente continui, corrispondenti a parti di preesistenti unità

paleogeografiche. Vengono riconosciuti, prima della tetto-genesi, i seguenti domini paleogeografici dall'interno verso l'esterno:

- Piattaforma Carbonatica Campano-Lucana;
- Bacino Lagonegrese;
- Piattaforma Carbonatica Abruzzese-Campana e del M. Alpi;
- Bacino Molisano;
- Piattaforma Carbonatica Apula;
- Bacino Est-Garganico.

Tale situazione persisteva, senza sostanziali, differenze dal Trias superiore fino al Miocene inf.

Tra la fine dell'Oligocene e l'inizio del Miocene la tetto-genesi avrebbe modificato la paleogeografia. In particolare, vengono individuate quattro fasi tetto-genetiche.

Nella prima fase (Langhiano) si sarebbe verificato lo scollamento dal substrato della Piattaforma Campano-Lucana e dei depositi dell'antistante Bacino Lagonegrese.

Successivamente si sarebbe avuto l'accavallamento delle facies marginali interne del Bacino Lagonegrese su quelle centrali e della Piattaforma Campano-Lucana sulle successioni lagonegresi. Allo stesso tempo, le coltri di provenienza interna (Unità Sicilidi, Unità Silentina, Unità del Frido) avanzano verso l'esterno.

Questi eventi portano alla formazione di un nuovo bacino, il Bacino Irpino di *Cocco* (1972) i cui sedimenti si depositano in parte sulle coltri (unità stratigrafico-strutturali interne e unità derivanti dalla Piattaforma Campano-Lucana), in parte sulle aree più esterne del Bacino lagonegrese non ancora interessato dalla tetto-genesi. Quindi, il margine interno del Bacino Irpino sarebbe stato costituito dalle coltri, mentre quello esterno era rappresentato dalla Piattaforma Abruzzese-Campana.

Durante la seconda fase (Serravalliano) si sarebbe verificato il rapido approfondimento della Piattaforma Abruzzese-Campana. In tal modo il Bacino Irpino si sarebbe allargato ancora di più verso l'esterno, fino a comportare, nel Tortoniano, la fusione tra il Bacino Irpino e il Bacino-Molisano.

Nella terza fase (Tortoniano) si sarebbero verificati ulteriori movimenti traslativi che avrebbero interessato la Piattaforma Carbonatica Campano-Lucana, le unità interne (Unità Sicilidi, Unità Silentina), le unità lagonegresi e le unità irpine. Quasi contemporaneamente si sarebbe verificato lo "scollamento" della Piattaforma Abruzzese-Campana accavallatesi sui terreni del Bacino Molisano.

Nella quarta fase (Pliocene medio) si è verificata l'ultima fase tetto-genetica con una ulteriore traslazione della pila delle coltri verso la Piattaforma Carbonatica Apula. Questa sarebbe stata

ribassata a gradinata sul lato interno, determinando la formazione dell'Avanfossa Bradanica e assumendo il ruolo di Avampaese sud-appenninico.

A partire dal Pliocene superiore i movimenti sono stati in prevalenza verticali, con limitate colate gravitative nell'Avanfossa fino a tutto il Calabriano.

La catena sud-appenninica ha assunto la sua forma presente attraverso varie fasi di sollevamento che troverebbero riscontro nelle grandi faglie normali che avrebbero suddiviso a scacchiera quanto prodotto dalle precedenti fasi tettonogenetiche, cui farebbe da contrappeso lo sprofondamento dell'area tirrenica.

In un lavoro del 1983 *Ciampo, Sgrosso, e Ruggiero Taddei* ipotizzano che i depositi di piattaforma riscontrati in alcuni pozzi profondi, al di sotto dei sedimenti del bacino molisano, siano da attribuire alla piattaforma della Maiella diversa da quella rappresentata nei monti del Matese.

Questa nuova piattaforma si trova in posizione più esterna rispetto alla Piattaforma Abruzzese-Campana.

Nello stesso anno *Sgrosso* (1983), denomina questo nuovo elemento stratigrafico-strutturale: Piattaforma Abruzzese-Molisana e lo pone come elemento di divisione tra un bacino molisano interno e un bacino molisano esterno. Viene così individuata dall'interno verso l'esterno, la seguente successione dei domini paleogeografici prima della tettonogenesi miocenica:

- Bacino "Tirrenico";
- Piattaforma carbonatica campano-lucana;
- Bacino lagonegrese;
- Piattaforma carbonatica abruzzese-campana;
- Bacino molisano interno;
- Piattaforma carbonatica abruzzese-molisana;
- Bacino molisano esterno;
- Piattaforma carbonatica apulo-garganica;
- Bacino est-garganico.

Pochi anni dopo, nel 1986, *Sgrosso* ipotizza l'esistenza di una quinta e di una sesta piattaforma carbonatica: la piattaforma campano-lucano-calabrese, più interna della piattaforma laziale-campano-lucana, e la piattaforma abruzzese, più esterna della piattaforma laziale-abruzzese-campana.

La ricostruzione paleogeografica nell'Appennino meridionale, tra la linea Ancona-Anzio e quella di Sanginetto prima della tettonogenesi miocenica è la seguente :

- Bacino "Tirrenico" interno;
- Piattaforma campano-lucana-calabrese;
- Bacino "Tirrenico" o di Lagonegro interno;

Piattaforma laziale-campano-lucana;  
 Bacino di Lagonegro;  
 Piattaforma laziale-abruzzese-campana;  
 Bacino molisano interno;  
 Piattaforma abruzzese;  
 Bacino molisano intermedio;  
 Piattaforma abruzzese molisana;  
 Bacino molisano esterno;  
 Piattaforma apula-garganica;  
 Bacino est-garganico.

*Mostardini e Merlini* (1986) propongono un modello strutturale dell'Appennino centro-meridionale nel quale presentano alcune sezioni geologiche che vanno dal Tirreno all'avampaese adriatico, appoggiate su dati geofisici e di sottosuolo ed interpretate in profondità fino al basamento.

Il modello strutturale che ne risulta prevede, da ovest a est, i seguenti domini:

Bacino Tirrenico;  
 Piattaforma Appenninica;  
 Bacino lagonegrese-molisano;  
 Piattaforma apula interna;  
 Bacino apulo;  
 Piattaforma apula esterna.

I dati disponibili (secondo gli Autori) hanno permesso una adeguata individuazione della Piattaforma apula interna e del Bacino apulo che rappresentano due domini di nuova definizione.

Gli Autori suggeriscono anche l'appartenenza della serie delle «Argille scagliose» in parte al Bacino lagonegrese-molisano ed in parte al Bacino apulo in alternativa all'ipotesi di telealloctonia generalmente sostenuta in letteratura.

Nel 1988 *Pescatore* ripropone per l'Appennino meridionale uno schema paleogeografico più semplice e mette in risalto l'influenza della preesistente paleogeografia mesozoica sull'evoluzione del Bacino Irpino.

Vengono riconosciuti, prima dell'instaurarsi della tettonogenesi miocenica, i seguenti domini paleogeografici dall'esterno verso l'interno:

Piattaforma Apula;  
 Bacino lagonegrese molisano;  
 Piattaforma sud-appenninica s.l.;  
 Bacino silentino.

Nel Miocene medio una fase tettonica avrebbe interessato le unità paleogeografiche più interne dando luogo ad un bacino di avanfossa s.l. (Bacino Irpino), compreso tra un margine deformato costituito da coltri ed un margine non deformato costituito dalla Piattaforma Apula.

Il fronte delle coltri sarebbe stato obliquo rispetto all'andamento delle unità paleogeografiche, di modo che la migrazione del fronte verso l'Avampaese avrebbe dato luogo allo spostamento dell'asse del bacino, al progressivo annegamento della piattaforma verso nord e nord-est e al restringimento del Bacino Lagonegrese-Molisano. In conclusione possiamo dire che il Bacino Irpino rappresenterebbe l'Avanfossa miocenica dell'Appennino in via di formazione.

## **4. INQUADRAMENTO GENERALE DI CARATTERE GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DELL'AREA IN ESAME**

Il comprensorio comunale di Palomonte si trova sul versante posto in destra orografica del Fiume Tanagro e al margine meridionale del complesso dei rilievi calcarei di Monte Marzano e di Monte Ognà.

### **4.1 Geologia e stratigrafia**

I terreni che affiorano nel nostro comune di studio ricadono all'interno delle seguenti Unità Stratigrafico-Strutturali che dal basso verso l'alto sono le seguenti:

1. **UNITA' DELLA PIATTAFORMA CARBONATICA CAMPANO-LUCANA (Mesozoico)**, che costituisce i rilievi isolati a forti pendenze presenti nella parte **centrale (foto 1) e verso est (foto 2)**. Tale Unità racchiude calcari e calcari dolomitici molto fratturati e localmente alterati nei primi metri in superficie, con spessori superiori ai 1.000m;



**Foto n.1**



**Foto n.2**

2. **UNITA' DELLE ARGILLE VARICOLORI (Cretacico superiore-Miocene inferiore)**, costituisce i versanti presenti ad ovest e a sud del centro di Palomonte (**vedi foto 3-4**). Tale unità è costituita da alternanze di terreni argillosi, marnosi, arenacei e calcarei che poggiano tettonicamente sulle unità carbonatiche. Il loro spessore varia da alcune decine di metri ad est e a nord-est dell'abitato a diverse centinaia di metri a ovest e a sud dell'abitato;



**Foto n.3**





**Foto n.4**

3. **COMPLESSO FLUVIO LACUSTRE ANTICO (Quaternario)**, presente a sud del comprensorio comunale costituito da alternanze di livelli di travertino compatto e sabbioso (**vedi foto n.5**), argille più o meno sabbiose, conglomerati e sabbie che rappresentano i terrazzi alluvionali più alti poco a sud della frazione di Bivio ed ha uno spessore variabile da poche decine di metri a oltre 100 metri;



**foto n.5**



4. **COMPLESSO DETRITICO DI FALDA E CONOIDE (Quaternario-Olocene)**, che affiora piuttosto cementato e incluso in terreni eluviali limoso-sabbiosi lungo le fasce pedemontane dei principali rilievi carbonatici (**vedi foto n.6**) e presenta uno spessore variabile localmente nell'ambito di poche decine di metri;



**foto n.6**

5. **COMPLESSO FLUVIO LACUSTRE RECENTE (Quaternario-Olocene)** che si rinviene a nord del territorio comunale precisamente costituisce il riempimento dell'alveo del Lago di Palo (**vedi foto n.7**) che le alluvioni terrazzate di fondovalle (**vedi foto n.8**), con spessore complessivo dei livelli limosi, sabbiosi e conglomeratici variabile da pochi metri a oltre 70metri;



**foto n.7**



**foto n.8**

## 4.2 Cenni di geologia strutturale

Sotto l'aspetto geologico-strutturale, l'area da noi studiata è ubicata sul blocco carbonatico ribassato, rispetto all'alto strutturale dei Monti Marzano e Monte Ognà, da faglie dirette quaternarie che interessano i comuni di Contursi Terme, San Gregorio Magno, Romagnano al Monte, Buccino e Palomonte.

Tali faglie sono orientate in direzione NW-SE e sono caratterizzate da rigetti verticali variabili da qualche centinaia di metri a oltre 1.000m e sono bene evidenziabili in loc. Teglia e fino a San Gregorio Magno e lungo il bordo settentrionale del Pantano e dall'abitato di Palomonte a Buccino fino alla superstrada Basentana, determinando un ulteriore e notevole ribassamento del blocco strutturale della Valle del Tanagro.

In definitiva possiamo affermare che tutto il territorio comunale di Palomonte appartiene alla fascia occidentale della catena sud-appenninica che ha raggiunto un assetto strutturale pressoché definitivo per cui tutte le faglie in precedenza descritte sono da considerarsi ormai fossili da almeno 100.000 – 200.000 anni e non più connesse con le strutture sismo genetiche profonde.

## 4.3 Considerazioni di geologia, geomorfologia e idrogeologia sull'area

Nel comprensorio comunale di Palomonte si rinviene, come precedentemente descritto, principalmente la serie terziaria in prevalente facies di flysch.

Questo complesso flyscioide è costituito alla base dal flysch argilloso-siltitico-calcareo (Cretacico sup.-Paleogene) nel quale sono presenti lembi del “complesso degli argilloscisti varicolori” oligocenici, costituito da argillo-marnoscisti rossastri, verdastri, calcari e calcari a volte marnosi, in piccoli strati varicolori. Segue il “complesso calcareo-marnoso-arenaceo” di età Oligocene superiore-Elveziano superiore, formato da calciruditi, areanarie, marne, calcari marnosi e molasse. Questi complessi sono ricoperti dalle loro coltri di alterazione e da depositi di copertura detritica, quaternari, di antichi corpi di frana e delle falde pedemontane. La stratigrafia si chiude, in alto, con le alluvioni recenti ed attuali del fiume Sele.

Morfologicamente il paesaggio della zona può essere definito collinare, in quanto ricade lungo il versante che mostra una generale dolce pendenza verso l'alveo del fiume Tanagro.

A luoghi la morfologia si presenta molto articolata per la differente erosione esercitata dagli agenti atmosferici sulle diverse litologie; infatti **intensi fenomeni erosionali interessano i versanti lungo le aste del reticolo di drenaggio.**

A questo proposito si pone in evidenza che i versanti delle aree collinari sono solcati da impluvi a sviluppo nord-sud e est-ovest molto ramificati in corrispondenza dei terreni impermeabili argillosi.

Per l'analisi morfologica del bacino che interessa l'area del territorio comunale di Palomonte, il reticolo idrografico è caratterizzato da segmenti che sono compresi tra varie confluenze.

Complessivamente suddetto reticolo idrografico si presenta abbastanza sviluppato, con andamento delle aste fluviali in direzione prevalentemente est-ovest. Ciò indica che i terreni affioranti sono poco permeabili, permettendo minime infiltrazioni.

Dato l'assetto stratigrafico, caratterizzato dall'alternanza di terreni a diverso grado di permeabilità, sono presenti sicuramente acque circolanti, **tamponate dalle argille varicolori**.

Anche studi idrogeologici eseguiti nella zona confermano la presenza di una circolazione idrica che interessa l'intera area collinare, probabilmente alimentata dai calcari e dai detriti sovrastanti, con quote piezometriche variabili localmente da alcuni decimetri ad alcuni metri al di sotto della superficie del terreno.

## **5. RISCHIO SISMICO E MACROZONAZIONE SISMICA**

### **5.1 Premessa**

La penisola italiana è una delle zone sismicamente più attive del Mediterraneo. Essa è stata inoltre, sede di alcune tra le più antiche civiltà, e ciò ha permesso la registrazione di notizie attendibili anche di eventi sismici molto antichi, ma solo a partire dal XIX secolo gli studiosi di sismologia hanno cominciato a estrarre da queste cronache le informazioni riguardanti i terremoti nel tentativo di “scrivere” una storia sismica italiana.

Dalla raccolta e classificazione sistematica di eventi sismici sono nati i primi cataloghi dei terremoti. La nuova versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI (Gdl, CPTI, 1999), detta CTPI2, aggiornata al 2002, è stata realizzata utilizzando tutti gli studi macrosismici e strumentali resi disponibili dal 1999 in poi.

Numerosi studi hanno sottolineato che la pericolosità sismica non dipende solo dal tipo di terremoto, dalla distanza tra l'epicentro e la località interessata, ma, soprattutto, dalle caratteristiche geologiche dell'area di interesse. Infatti, la geometria della struttura del sottosuolo, le variazioni dei tipi di terreni e delle sue proprietà con la profondità, le discontinuità laterali, e la superficie topografica sono all'origine delle larghe amplificazioni delle vibrazioni del terreno e sono stati correlati alla distribuzione del danno durante i terremoti distruttivi (Aki, 1993; Bard, 1994; Faccioli, 1991, 1996; Chavez-Garcia et alii, 1996).

Questi fattori sono particolarmente importanti per la corretta valutazione dell'azione sismica nell'ambito della difesa dai terremoti, per tale motivo, ai fini della riduzione del rischio sismico, è importante riconoscere le aree in cui le oscillazioni del suolo sono più ampie e definire le frequenze con le quali esse tendono ad oscillare.

L'azione esercitata localmente dagli strati più superficiali, che operano sia da filtro che d'amplificatore, costituisce quello che va sotto il nome d'Effetto di Sito. Riconoscere in dettaglio le aree caratterizzate in media da uguale Risposta di Sito, dovuta alle caratteristiche geologiche o alla topografia, è diventata una richiesta fondamentale negli studi geologici e geofisici relativi alle costruzioni.

Anche la nuova normativa sismica del territorio italiano (OPCM, n° 3274/2003 Ordinanza PCM 3519 del 28/04/2006 e D.M. GENNAIO 2008), sottolineano l'importanza della conoscenza delle condizioni geologiche del sito per adeguare le tecniche di costruzione.

Prima di affrontare la tematica riguardante la Risposta Sismica Locale e le metodologie per la sua corretta valutazione, è necessario approfondire gli aspetti che sono alla base di tale problematica: il significato di rischio sismico e la zonazione sismica in Italia.

## 5.2 Rischio sismico

Il Rischio Sismico si definisce come l'insieme dei possibili danni che un terremoto può provocare, in un determinato intervallo di tempo e in una determinata area, in relazione alla sua probabilità di accadimento ed al relativo grado di intensità (severità del terremoto) in relazione alle principali caratteristiche della comunità esposta.

L'intensità o severità di un terremoto può essere valutata in due modi:

- misurando l'energia sprigionata dal sisma, su tale calcolo si basa la scala Richter;
- valutando le conseguenze sull'uomo, sulle costruzioni e sull'ambiente, suddividendo tali effetti in livelli in base alla scala realizzata dal sismologo Mercalli.

La determinazione del rischio è legata a tre fattori principali:

**RISCHIO = PERICOLOSITÀ \* ESPOSIZIONE \* VULNERABILITÀ**

La pericolosità esprime la probabilità che, in un certo intervallo di tempo, un'area sia interessata da terremoti che possono produrre danni. Dipende dal tipo di terremoto, dalla distanza tra l'epicentro e la località interessata nonché dalle condizioni geomorfologiche. La pericolosità è indipendente e prescinde da ciò che l'uomo ha costruito.

L'esposizione è una misura dell'importanza dell'oggetto esposto al rischio, in relazione alle principali caratteristiche dell'ambiente costruito. Consiste nell'individuazione, sia come numero che come valore, degli elementi componenti il territorio o la città, il cui stato, comportamento e sviluppo può venire alterato dall'evento sismico (il sistema insediativo, la popolazione, le attività economiche, i monumenti, i servizi sociali).

La vulnerabilità consiste nella valutazione della possibilità che persone, edifici o attività, subiscano danni o modificazioni al verificarsi dell'evento sismico. Misura da una parte la perdita o la riduzione di efficienza, dall'altra la capacità residua a svolgere ed assicurare le funzioni che il sistema territoriale nel suo complesso esprime in condizioni normali. Ad esempio nel caso degli edifici la vulnerabilità dipende dai materiali, dalle caratteristiche costruttive e dallo stato di manutenzione ed esprime la loro resistenza al sisma.

In Italia, negli ultimi duemila anni si sono verificati migliaia di terremoti e, tra questi, oltre 150 hanno raggiunto o superato il IX grado della scala MCS, e, come evidenziava il Prof. Barberi nel 1991, la penisola italiana negli ultimi tre secoli era stata scossa da circa 20 terremoti di magnitudo (M) pari o superiore a 6, con una media nell'Appennino di un terremoto distruttivo ogni 15 anni.

**In Italia il rischio sismico non è legato solo alla sismicità del territorio, ma anche ad altri fattori, quali l'elevata densità di popolazione, che fa sì che ogni evento interessi un numero**



**elevato di persone, ed il fatto che parte del patrimonio edilizio non è stato realizzato con criteri antisismici.**

Per tale motivo riveste una notevole importanza minimizzare i danni prodotti da un terremoto, sia mediante un razionale utilizzo del territorio e l'elaborazione di norme costruttive che rendano gli edifici in grado di resistere alle scosse più intense che potranno colpirli, sia effettuando un'analisi probabilistica di previsione dei terremoti, che si basi o sulla conoscenza accurata della genesi dell'evento sismico (epicentro, tempo origine, e magnitudo del terremoto) o su un'analisi statistica della sismicità storica di un'area.

### **5.3 Pericolosità sismica - Sismicità dell'area mediterranea**

La regione mediterranea è una regione geologicamente molto attiva, che sta subendo una deformazione piuttosto rapida ed è caratterizzata da una sismicità diffusa che non è ristretta solo lungo i bordi delle zolle (Vannucci et alii, 2004).

L'evoluzione geodinamica del Mediterraneo centrale costituisce da diversi decenni l'oggetto di un intenso dibattito scientifico. In questo settore della crosta terrestre il processo di raccorciamento, provocato nell'ambito del sistema Europa, Africa, e Adria dall'apertura del Bacino Oceanico Tirrenico, è responsabile della formazione di strutture geologiche di natura ed evoluzione assai differente. Accanto alle catene montuose, naturale prodotto dei processi di collisione, il Mediterraneo centrale ha visto la nascita e la progressiva evoluzione di bacini marini di limitate dimensioni, caratterizzati, come il Tirreno, dalla formazione di nuova crosta, simile a quella presente nel fondo dei grandi oceani.

Nei primi anni settanta la struttura del Mediterraneo è stata interpretata come un mosaico di frammenti di litosfera (microplacche), i cui processi di rotazione e di traslazione erano la causa dell'apertura di nuovi bacini oceanici e del corrugamento delle catene montuose (**Figura 1**).

La formazione del Bacino Ligure-Provenzale e del Bacino Tirrenico furono interpretate come il risultato della progressiva rotazione antioraria e traslazione di due microzolle indipendenti: il blocco sardo-corso e la penisola italiana.

Questi modelli evolutivi trovarono il loro fondamento teorico nei concetti generali della tettonica a zolle, la cui possibilità di applicazione al Mediterraneo centrale era confermata dalla presenza di alcuni elementi classici, quali il piano di subduzione sotto l'arco calabro e il vulcanismo calcoalcalino delle isole Eolie (Funicello et alii, 1997).





**Figura 1. Schema della catena appenninica**

La formazione della catena appenninica, che costituisce l'ossatura della penisola italiana, è legata ai complicati processi che caratterizzano il Mediterraneo e che sono responsabili della migrazione del sistema di catena-avampaese verso l'avanfossa di Padano-Adriatico-Ionica, e dell'apertura sincrona del bacino Tirrenico di retroarco.

La catena Appenninica è formata da una serie di unità strutturali, convergenza di accavallamento verso l'adriatico, che derivano dalla deformazione delle unità appartenenti al Bacino sardo-corso ed ai bacini di accrezione associati alla sua migrazione verso sud-est, all'insieme dei terreni bacinali e di piattaforma carbonatica del margine di Adria ed a rimanenze obdote del Bacino della Tetide.

Le complesse fasi deformative responsabili della catena appenninica possono essere ricondotte ad una convergenza di placche che, a partire dal Cretaceo inferiore-medio fino al Pleistocene inferiore (~130 milioni di anni fa fino ~1,8 milioni di anni fa), ha portato alla collisione continentale ed al conseguente sottoscorrimento di litosfera di Adria sotto il margine Europeo. La rotazione in senso antiorario del blocco sardo-corso, avvenuta al passaggio Oligocene-Miocene

(~24 milioni di anni fa), in seguito all'apertura del Bacino Liguro-Provenzale, favorisce il sottoscorrimento della Tetide e del cratone africano sotto il blocco sardo e accentua la compressione del sistema orogenico appenninico. Nel Burdigaliano si registra un'accentuazione dell'impilamento delle falde ed il trasporto orogenetico dell'edificio tettonico verso l'avampaese adriatico.

Questo movimento genera dei fenomeni di metamorfismo a carattere regionale. Nel Tortonianiano, infine, si ha un'altra importante fase di trasporto orogenico, che viene considerata come l'ultimo evento compressivo. Infatti, nel Tortonianiano superiore si ha un cambiamento nell'evoluzione tettonica appenninica con l'inizio dei processi di rift lungo il margine occidentale appenninico e nell'area settentrionale ed occidentale tirrenica (Critelli, 1991).

Il risultato di un così complicato quadro tettonico è una struttura geologica estremamente complessa, che fa sì che le zone sismicamente attive nel nostro paese costituiscono gran parte del territorio nazionale.

In particolare, l'Appennino Meridionale è interessato, fin da epoche storiche, da un'intensa e frequente tettonica attiva collegata ad un regime estensionale legato alla divergenza di Adria, che è subentrato ad un regime compressivo inattivo (Meletti et alii, 2000).

Gli eventi sismici che interessano l'Appennino Meridionale presentano una profondità ipocentrale generalmente compresa tra i 10 e i 12 Km. Essi sono localizzati prevalentemente lungo una ristretta fascia che coincide con l'area più elevata della catena, e sono caratterizzati da meccanismi focali prevalentemente di tipo estensionale (Vannucci et alii, 2004).

#### **5.4 Macrozonazione sismica in Italia**

Per Zonazione Sismica di un territorio si intende l'insieme di criteri geologici, geofisici ed ingegneristici atti ad individuare e a delimitare aree a risposta omogenea rispetto al rischio sismico.

I criteri e le metodologie d'intervento dipendono dall'estensione delle aree che si prendono in considerazione. Si parlerà quindi di Macrozonazione Sismica o Zonazione di Primo Grado (Int. Geot.Ass, TC4, 1999) se la scala è a livello regionale; di Microzonazione Sismica o Zonazione di Secondo Grado (Int. Geot.Ass, TC4, 1999), se la scala d'indagine è comunale, e di Risposta Sismica di Sito o Zonazione di Terzo Grado (Int. Geot.Ass, TC4, 1999) se la risposta va cercata per aree ristrette dove è prevista la realizzazione di un manufatto (Rapolla, 1992; 2005).

Nell'effettuare la Macrozonazione Sismica esistono diversi parametri da valutare. Primo fra tutti il periodo di ritorno di interesse di un terremoto. In particolare, poiché il tempo di durata di un

edificio è di cento anni, si considera che tale costruzione dovrà essere in grado di sopportare, senza riportare danni, il terremoto con periodo di ritorno di cento anni, e un terremoto di intensità maggiore che abbia periodo di ritorno più lungo, subendo dei danni che non comportino il rischio di vite umane.

Altri parametri da valutare sono l'effetto legato a un evento sismico in un'area posta ad una certa distanza dall'area sismogenetica e l'accelerazione massima “a” del suolo durante il terremoto. Entrambi i parametri vengono calcolati mediante l'ausilio di relazioni empiriche.

Per quanto riguarda l'accelerazione massima “a” del suolo durante il terremoto, due sono le relazioni più conosciute, che ne permettono il calcolo conoscendo l'intensità dell'evento sismico:

la relazione di Richter :

$$\log a = (I/3) - 0.5$$

e la relazione di Cancani-Sieberg:

$$\log a = (I/3) - 1$$

Entrambe le relazioni sono valide per terremoti crostali, ma si differenziano in quanto la relazione di Richter fa riferimento a tipologie costruttive moderne, mentre quella di Cancani-Sieberg a tipologie costruttive più antiche.

La valutazione della distanza dall'area sismogenetica, R, o l'accelerazione massima “a” del suolo durante il terremoto, possono essere calcolati anche a partire dalla magnitudo M di un terremoto, secondo la relazione di Grandori (1980):

$$am = (1230 e^{0.8M}) / (R + 25)^2$$

L'esigenza di elaborare una classificazione sismica del territorio nazionale in Italia nacque all'indomani del terremoto di Reggio Calabria e Messina de 1908.

Nel corso degli anni successivi vennero, così, istituiti, con decreto, degli elenchi di comuni nei quali l'attività costruttiva doveva essere regolata da norme precise, ovviamente più severe e rigide rispetto al resto del Paese.

In pratica, un comune veniva dichiarato sismico solo se, nella sua storia più o meno recente, si era già verificato un terremoto nel suo territorio. L'esigenza di arrivare a una revisione profonda di questa classificazione cominciò a maturare già negli anni immediatamente successivi al secondo conflitto mondiale, ma fu soltanto negli anni settanta che tutto questo trovò occasione di tramutarsi in atti concreti, in particolare con l'entrata in vigore della Legge n°64 del 2/2/74 che sancisce la normativa sismica che sarà in vigore in Italia fino al 2003.

Tale legge prevedeva la suddivisione del territorio in aree sismiche di I, II e III categoria (Tabella 1), assegnando per ogni categoria un «grado di sismicità» Spari rispettivamente a 12, 9 e 6.

Il grado di sismicità era legato al «coefficiente d'intensità sismica»  $c$  dalla relazione:

$$c = (S - 2) / 100$$

Il coefficiente  $c$  ha le dimensioni di un'accelerazione in termini di frazioni dell'accelerazione di gravità  $g$ , e rappresentava la massima accelerazione alla quale si vuole che gli edifici rispondano in maniera elastica.

Area Sismica	Coefficiente d'intensità sismica
I	0,10
II	0,07
III	0,04

**Tabella 1: Aree sismiche e accelerazioni previste dalla Legge n°64 del 2/2/74**

Come base di questa classificazione vi era essenzialmente una analisi delle statistiche sui terremoti avvenuti a partire dall'anno Mille, non essendo ancora disponibili conoscenze approfondite e territorialmente generalizzate di carattere geologico-strutturale e quindi sismogenetico.

Nel 1998 viene redatta, da un apposito Gruppo di lavoro, una nuova proposta di riclassificazione del territorio nazionale che utilizzava i risultati degli studi di pericolosità sismica sviluppati in Italia negli ultimi anni dal Servizio Sismico Nazionale e dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti.

Nel 2003 con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 relativa a “ Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” (G.U. n. 105 del 8.5.2003), viene adottata la nuova classificazione sismica del territorio nazionale che recepisce i risultati raggiunti dal Gruppo di lavoro.

In base alla nuova normativa, **la pericolosità viene espressa come l'accelerazione orizzontale al suolo ( $a_g$ ) che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni, e che rappresenta l'accelerazione a cui gli edifici devono resistere senza collassare.**

Tutto il territorio nazionale viene ripartito **in quattro zone** (Allegato 1 dell’OPCM, n° 3274 2003), nelle quali applicare, in modo differenziato, le norme tecniche per la progettazione, la valutazione e l’adeguamento sismico degli edifici.

Nella Tabella 2 sono riportati il valore di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ) espresso in percentuale di g ed i valori dell’accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico nelle norme tecniche sulle costruzioni. Tali valori sono riferiti alle accelerazioni attese in seguito ad un evento sismico in siti su roccia o suolo molto rigido (con  $V_s > 800$  m/s).

Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ )	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (norme tecniche) $a_g/g$
1	Maggiore di 0,25	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	Minore di 0,05	0,05

**Tabella 2** Categorie di rischio e accelerazioni previste dalla normativa sismica dell’OPCM, n° 3274

Le valutazioni di  $a_g$  sono state effettuate mediante:

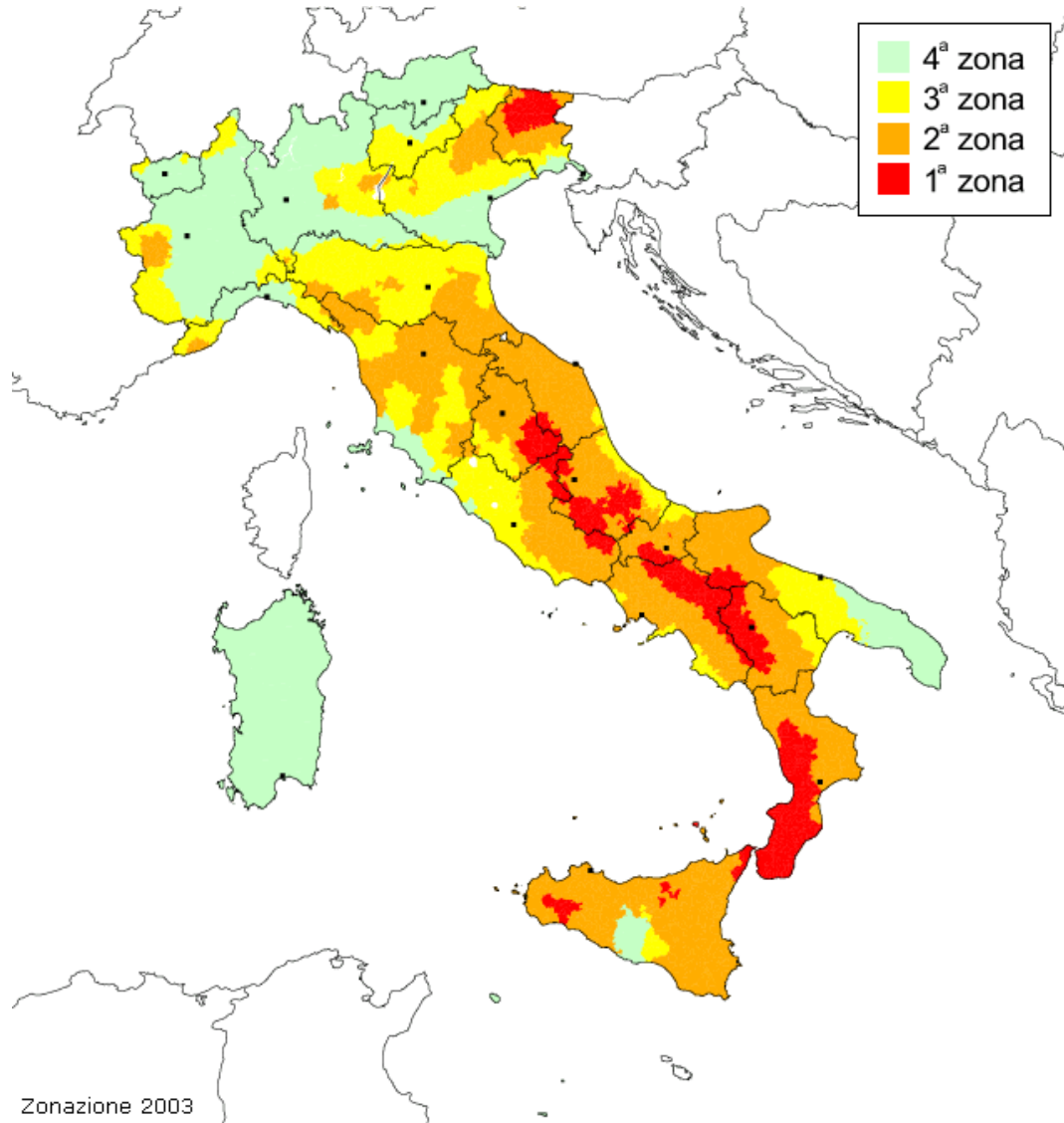
- l’identificazione delle aree sismogenetiche, in base a dati geologici, geofisici, e ai cataloghi sismologici, sia storici che strumentali;
- la determinazione del periodo di ritorno di terremoti di diversa intensità per ogni zona sismogenetica;
- la valutazione di  $a_g$  per ogni area di  $0.05^\circ$  di lato del territorio nazionale, utilizzando leggi medie di attenuazione dell’energia sismica con la distanza.

In base alla nuova normativa (All. 1, 2b dell’OPCM, n° 3274 2003) è stata prodotta una nuova mappa della classificazione sismica del territorio nazionale, in termini di accelerazione massima ( $a_{max}$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni riferiti a siti su roccia o suolo molto rigido (Categoria A, con  $V_s > 800$  m/s) (**Figura 2**), affidando alle Regioni l’individuazione, la formazione ed l’aggiornamento dell’elenco delle zone sismiche sulla base dei criteri generali dell’Allegato 1 (**Figura 3**).

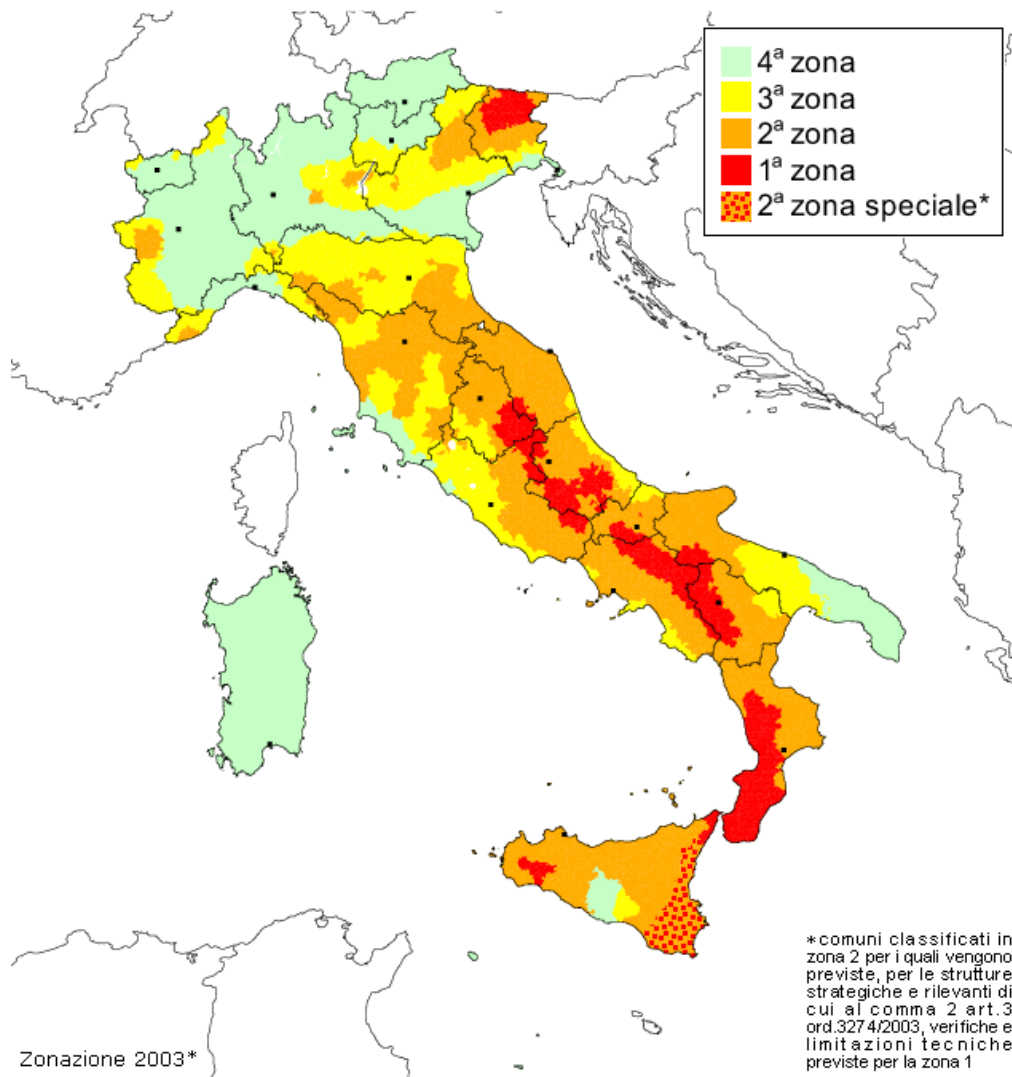
Dall’analisi della mappa della classificazione sismica del territorio nazionale si evince che tutto il territorio nazionale è considerato sismico, in particolare il 9,2% della superficie nazionale ha un livello di sismicità alta e il 31,9% ha un livello di sismicità minima. La regione maggiormente

esposta è la Calabria che presenta il 100% della superficie classificata a livello alto e medio; seguono poi l’Abruzzo, la Campania e la Sicilia.

Invece le regioni con gran parte della superficie a sismicità minima sono la Sardegna e la Valle d’Aosta.



**Figura 2: Zone sismiche del territorio italiano (2003). Ordinanza PCM 3274 del 20/03/2003.**



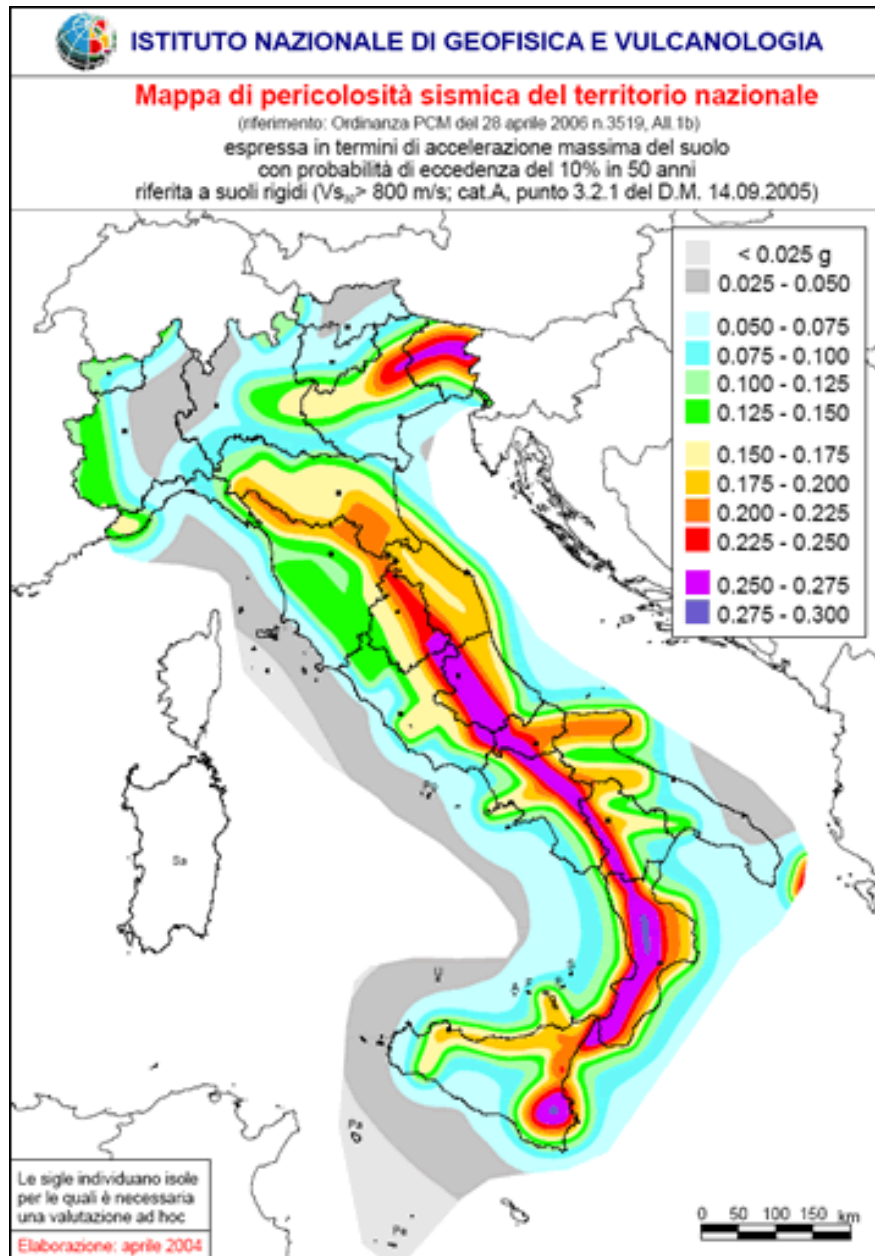
**Figura 3: Zone sismiche del territorio italiano con recepimento delle variazioni operate dalle singole Regioni (fino a marzo 2004).**

In seguito all’O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, è stata realizzata anche una mappa di pericolosità sismica (**Figura 4**), che rappresenta un riferimento per l’individuazione delle zone sismiche.

Per la realizzazione di questa mappa sono stati utilizzati ed elaborati un gran numero di dati, ed in particolare:

- è stata elaborata una nuova zonazione sismogenetica, **denominata ZS9**;
- è stata prodotta una versione aggiornata del catalogo CPTI (Gdl CPTI, 1999) detta CPTI2;
- sono state verificate, alla luce dei dati dei terremoti più recenti, le relazioni di attenuazione di amax definite a scala nazionale ed europea.





**Figura 4: Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale**

### 5.5 Catalogo dei terremoti

Il catalogo dei terremoti fornisce la distribuzione spazio-temporale degli eventi sismici. La nuova versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI (Gdl, CPTI, 1999), detta CTPI04, aggiornata al 2004, è stata realizzata utilizzando tutti gli studi macrosismici e strumentali resi disponibili dal 1999 in poi.

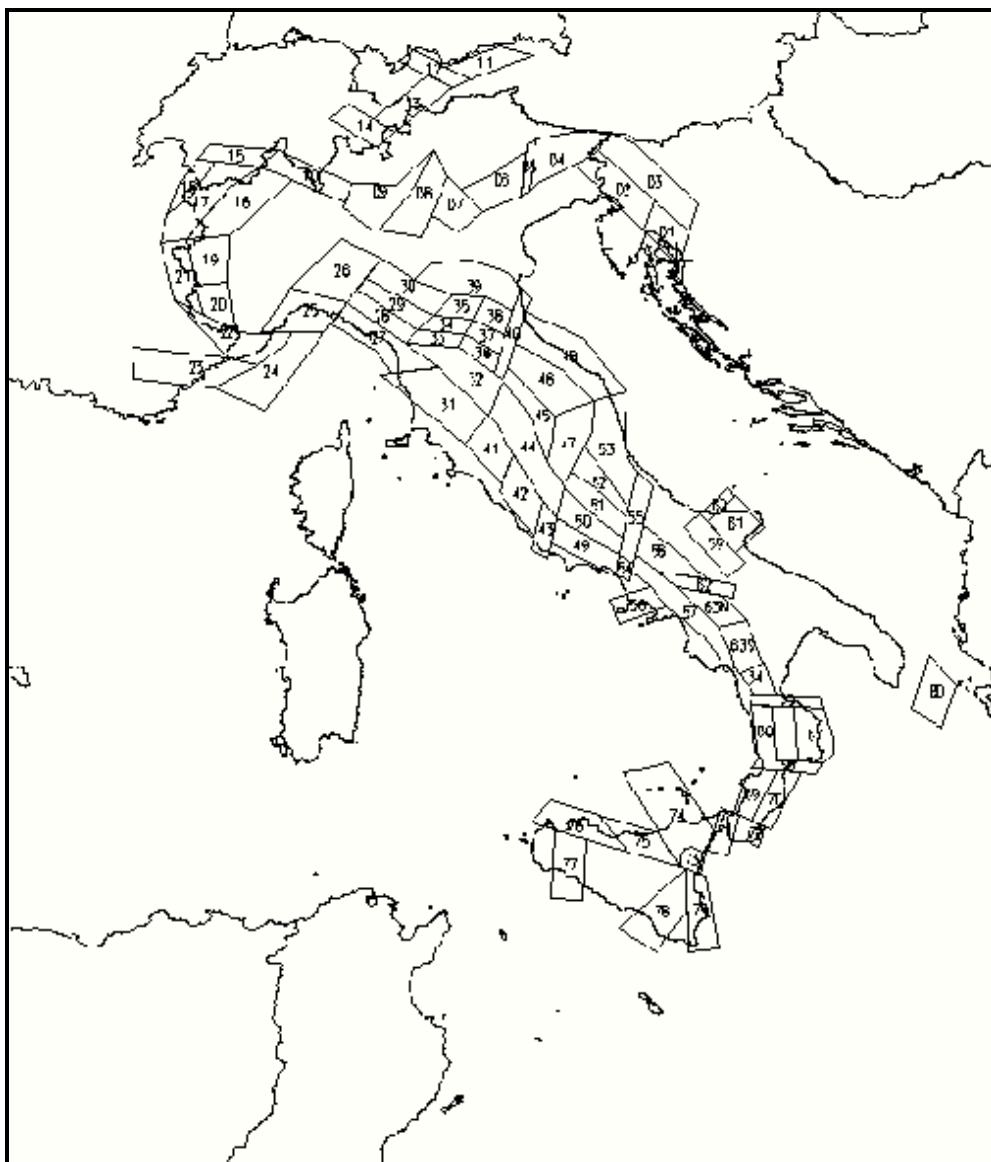
Essa è caratterizzata dalla revisione dei parametri dei terremoti della zona etnea, dalla determinazione dei valori di  $M_w$  e  $M_L$  per tutti gli eventi, ma soprattutto dalla ricompilazione della finestra 1981-1992 e dalla compilazione ex-novo della finestra 1993-2004



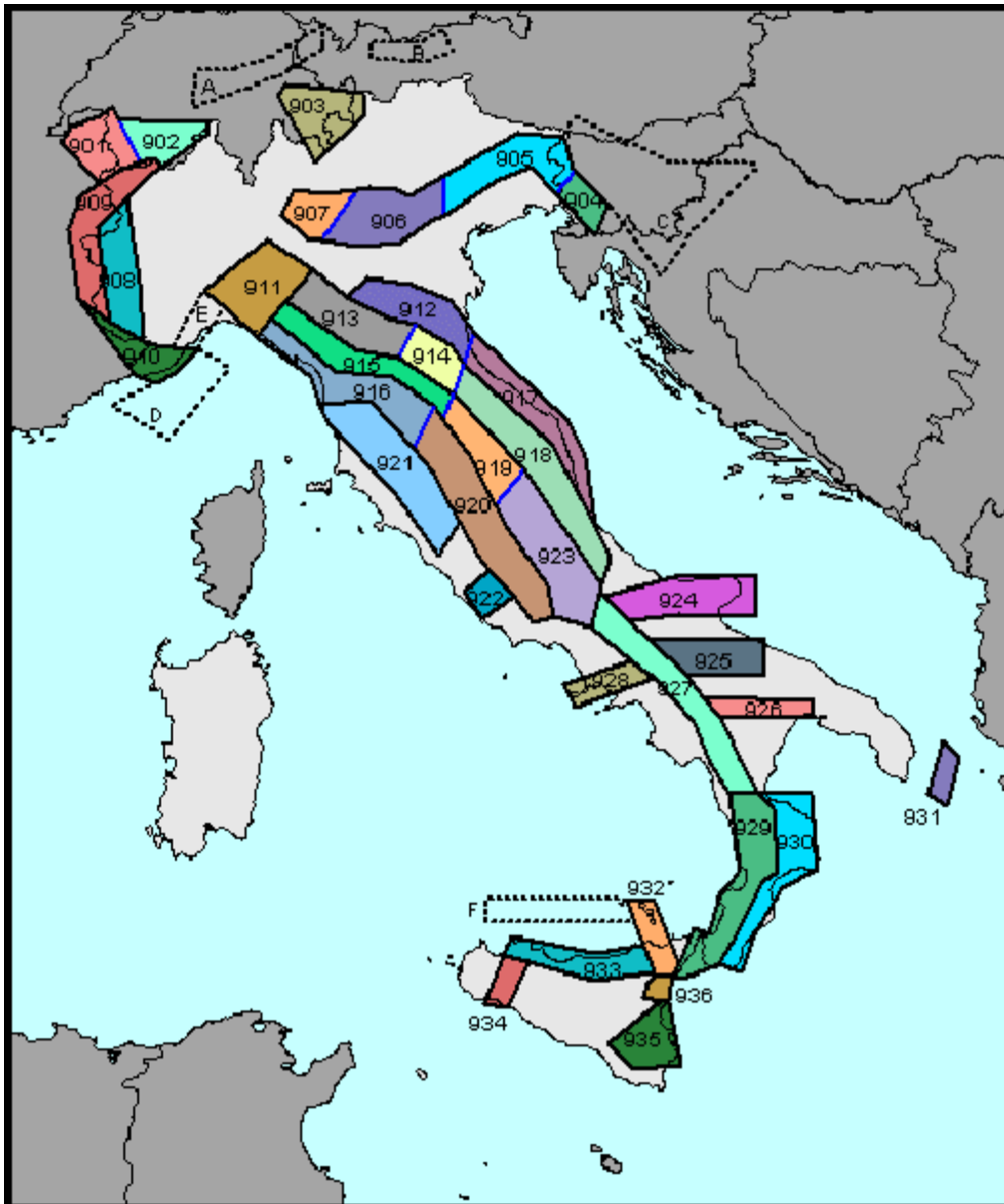
### **5.6 Zonazione sismogenetica**

Fino al 2002, il punto di riferimento per la valutazione della pericolosità sismica nell'area italiana è stata la zonazione sismogenetica ZS4 (Scandone e Stucchi, 2000) (**Figura 5**). Tale zonazione era stata realizzata nel 1996, ma gli sviluppi più recenti in materia di sismogenesi hanno però evidenziato alcune incoerenze con il catalogo CTPI. Per tale motivo, al fine di ottenere un modello più coerente con i nuovi dati e con il quadro sismotettonico oggi disponibile, è stata sviluppata una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9 (**Figura 6**).

La zonazione sismogenetica ZS9 è il risultato delle modifiche, degli accorpamenti e delle elisioni delle numerose zone di ZS4 e dell'introduzione di nuove zone.



**Figura 5: Zonazione Sismogenetica ZS4**



**Figura 6: Zonazione Sismogenetica ZS9**

La zonazione sismogenetica ZS9 è stata disegnata in maniera tale da soddisfare i seguenti requisiti:

- a) essere basata sul pregresso modello ZS4;
- b) recepire le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche italiane alla luce delle nuove evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni;
- c) considerare ed analizzare i dati relativi a terremoti localizzati al di fuori delle zone sorgente definite in ZS4;

d) essere utilizzabile con i dati di CPTI04;

e) fornire una stima di profondità “efficace”, definita come l’intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti in ogni zona sorgente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione determinate su base regionale;

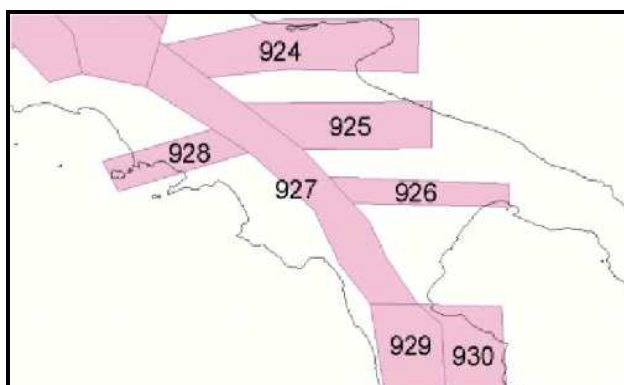
f) fornire per ogni ZS un meccanismo di fagliazione prevalente, utilizzabile con le relazioni di attenuazione classiche modificate secondo le procedure di Bommer et al., (2003).

La zonazione ZS9 comprende 42 zone-sorgente, che sono state identificate con un numero (da 901 a 936) o con una lettera (da A ad F). Nel processo di realizzazione di ZS9, l’unione di più zone ZS4 è avvenuta in base alle caratteristiche del dominio cinematico al quale ognuna delle zone veniva attribuita.

Oltre alla riduzione del numero di zone rispetto alla ZS4, la ZS9 è caratterizzata anche da modifiche dei limiti delle zone, che sono state effettuate tenendo conto dei nuovi dati relativi alle geometrie di singole sorgenti o di insiemi di queste. Si deve però tener presente che i confini geografici di molte zone di ZS9 rappresentano il frutto di un compromesso tra numerosi parametri, di conseguenza, sono affetti da un certo margine di incertezza. Per far fronte a questa problematica, nella redazione di ZS9 si è fatto ricorso ai “bordi morbidi”, cioè ad una fascia (definita in chilometri) di dimensioni variabili, nella quale si produce uno smussamento della distribuzione della pericolosità, producendo così gradienti meno accentuati ai confini tra le diverse ZS.

### 5.7 Zonazione Sismogenetica dell’Appennino Meridionale

La geometria delle sorgenti sismogenetiche (**Figura 7**) della Campania e, più in generale, l’Appennino Meridionale (zone da 56 a 64 in ZS4 e zone da 924 a 928 in ZS9), in seguito alla realizzazione della zonazione sismogenetica ZS9, è stata sensibilmente modificata rispetto a ZS4 (Rapolla, 2005).



**Figura 7: Zonazione Sismogenetica ZS9 dell’Appennino Meridionale**

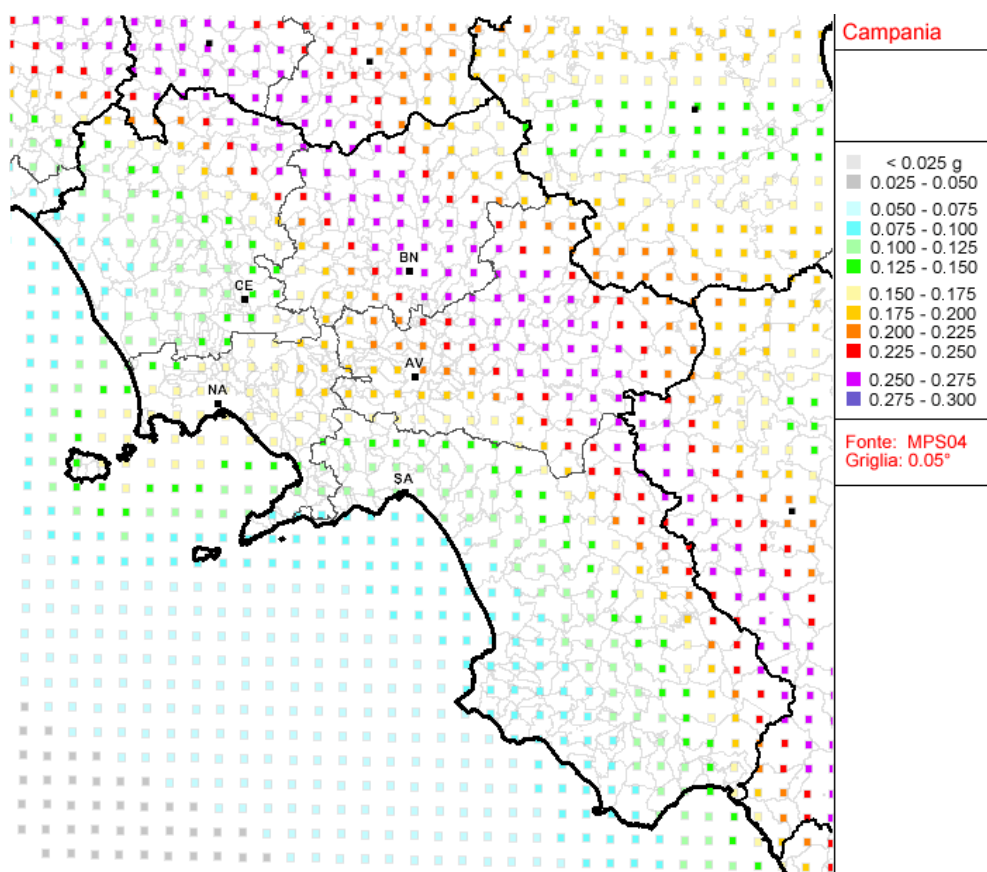
In particolare l'attuale zona 927 (Sannio-Irpinia-Basilicata) comprende tutte le precedenti zone di ZS4 coincidenti con il settore assiale della catena, fino al massiccio del Pollino, al confine calabro-lucano. Essa racchiude l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione generalizzata che, da circa 0.7 ma sta interessando l'Appennino meridionale. Il meccanismo di fagliazione individuato per questa zona è normale e le profondità ipocentrali sono comprese tra gli 8 e 12 km. La zona 57 di ZS4, corrispondente alla costa tirrenica, è stata quasi integralmente cancellata, in quanto il GdL INGV (2004) ritiene che la sismicità di questa area non è tale da permettere una valutazione affidabile dei tassi di sismicità e, comunque, il contributo che verrebbe da tale zona sarebbe trascurabile rispetto agli effetti su questa stessa area delle sorgenti nella zona 927. La parte rimanente della zona 57, insieme alla zona 56 sono attualmente rappresentate dalla zona 928 (Ischia-Vesuvio), che include l'area vulcanica napoletana, con profondità ipocentrali comprese nei primi 5 km.

Nell'area al confine tra la catena e la Puglia, cioè l'area dell'avanfossa e dell'avampaese apulo, le nuove conoscenze sulla sismicità locale, suggerite dalla sequenza sismica del Molise del 2002 (Di Bucci e Mazzoli, 2003; Valensise et al., 2004), hanno comportato scelte che cambiano notevolmente le caratteristiche sismogenetiche dell'area ed hanno permesso di identificare sorgenti con direzione E-W, caratterizzate da cinematica trascorrente. E' stata così identificata:

- nell'area garganica una zona 924 (Molise-Gargano) orientata E-W, che include tutta la sismicità dell'area e la faglia di Mattinata, generalmente ritenuta attiva;
- una zona 925 (Ofanto) la cui geometria trae in parte spunto dalla zona 62 di ZS4, ad andamento WNW-ESE;
- la zona 926 (Basento) ad andamento E-W, definita dall'allineamento di terremoti a sismicità medio-bassa nell'area di Potenza.

### 5.8 Pericolosità e classificazione sismica in Campania

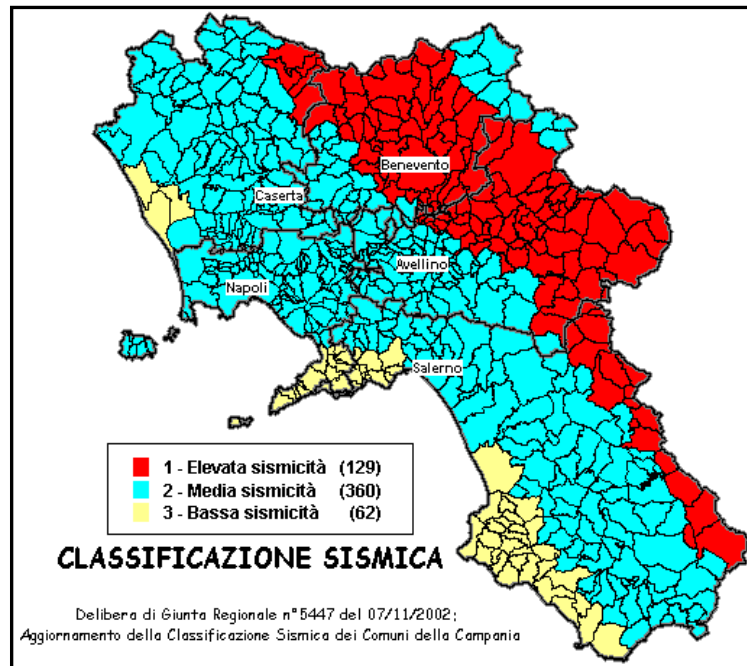
La carta della pericolosità sismica calcolata in base alle distribuzioni di  $a_{max}$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, effettuata dal GdL INGV (2004) e redatta in conformità alle disposizioni dell'Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006), prevede per la Campania la presenza di 8 classi di  $a_{max}$ , con valori che variano gradualmente tra 0.075g lungo la costa a 0.275 nell'area dell'Irpinia, ad eccezione delle aree vulcaniche Vesuvio-Ischia-Campi Flegrei dove si hanno valori mediamente compresi tra 0.175g e 0.200g (**Figura 8**). Per quanto riguarda la distribuzione dell'84mo percentile, anche qui sono presenti in Campania 8 classi di  $a_{max}$ , con valori che variano tra 0.075g e 0.300g. Le differenze tra le due mappe sono in genere inferiori a 0.020g, fatta eccezione di una ristretta fascia al confine con la Puglia, dove si raggiungono valori compresi tra 0.040g e 0.050g.



**Figura 8: Mappa di pericolosità sismica della regione Campania espressa in termini di  $a_{max}$  su suolo rigido cat A (AA.VV., INGV, 2004)**

La classificazione sismica della Regione Campania, è stata aggiornata in seguito alla Delibera G.R. 7-11-2002 n.° 5447 (**Figura 9**).

Dalla classificazione dei comuni riportata nella delibera si evince che circa il 65% dei comuni della Campania rientra nella seconda categoria, circa il 23% in prima categoria, e l'11% in terza categoria.



**Figura 9: Classificazione sismica 2004 della Regione Campania.**

Le aree che ricadono in prima categoria sono il Sannio-Matese e l'Irpinia, mentre le zone vulcaniche del napoletano sono classificate in seconda categoria. La classificazione sismica del territorio tiene conto non solo dell'ubicazione delle sorgenti sismiche, ma anche della propagazione dell'energia sismica con la distanza dalla sorgente e della eventuale amplificazione locale delle oscillazioni sismiche, prodotte dalle caratteristiche del terreno.



## **6. PROVE TECNICHE IN SITO**

Lo studio geognostico a corredo del Piano Urbanistico del Comune di Palomonte è stato condotto su tutto il territorio comunale.

Per l'accertamento della natura e delle caratteristiche litologiche dei terreni costituenti il sottosuolo, sono stati eseguiti:

### **6.1 Sondaggi meccanici (vedi tav.n.11 QC2.01.1)**

Sono stati eseguiti in numero di 4 dalla ditta R.I.A.S srl di Salerno con certificazione SOA 0S21 III CL, secondo le modalità stabilite all'atto della fase preliminare di studio, raggiungendo profondità massima di 30,00m dal piano campagna. I risultati consentono di raggruppare i sondaggi in due gruppi omogenei:

- **I gruppo: sondaggi s1-s2**
- **II gruppo: sondaggi s3-s4**

Il **primo gruppo** di sondaggi è caratterizzato dalla presenza di sabbie argillose con trovanti calcarei e travertini poco consistenti con un substrato costituito da sabbie e argille limose consistenti (**vedi foto 9**).



**Foto n.9: cassette catalogatrici s1-s2 (sabbie argillose con trovanti)**

Invece, il **secondo gruppo**, è caratterizzato da argille limose consistenti e un substrato dato da limi e argille grigie scagliose molto consistenti (**vedi foto n.10**).





**Foto n.10: cassette catalogatrici s3-s4 (limi e argille grigie scagliose molto consistenti)**

## 6.2 Prove penetrometriche S.P.T.

Al fine di determinare le caratteristiche meccaniche dei litotipi, si è proceduto all'esecuzione di n.20 Prove Penetrometriche S.P.T. effettuate nel corso dei sondaggi eseguiti.

Per l'esecuzione delle suddette indagini è stato adoperato un Penetrometro S.P.T. con maglio battente di 63.00 Kg e altezza di caduta 76 cm.

I valori delle letture del numero di colpi N per l'affondamento della punta sono riportati nella **tabella n.3**.

Dall'analisi dei suddetti valori penetrometrici, si può constatare una netta rispondenza tra i suddetti valori sperimentali ed i risultati dei sondaggi effettuati.

Infatti, si può notare come i valori riscontrati, presentino una progressione costante in perfetto accordo con la natura dei terreni riscontrati nelle perforazioni.

Tali valori (Numero di colpi) da 4 a 70, consentono di classificare i terreni incontrati come **“argille limo sabbiose”** con caratteristiche meccaniche medie sovrapposte a **“limi argillosi e argille limose consistenti”**, con caratteristiche meccaniche buone, in accordo con quanto rilevato nei sondaggi.

N° Sondaggio	N° di S.P.T.	Profondità in mt. dal p.c.	Numero di colpi	N. S.P.T.
S1	1	2.00÷2.45	1-2-2	4
S1	2	5.00÷5.45	3-3-4	7
S1	3	10.00÷10.45	12-12-14	26
S1	4	17.00÷17.45	13-13-14	27
S1	5	23.00÷23.45	23-23-24	47
S2	1	3.00÷3.45	5-7-7	14
S2	2	10.00÷10.45	12-13-15	28
S2	3	15.00÷15.45	23-24-32	56
S2	4	20.00÷20.45	24-27-29	56
S2	5	25.00÷25.45	33-34-36	70
S3	1	4.00÷4.45	12-12-13	25
S3	2	11.00÷11.45	15-16-18	34
S3	3	16.00÷16.45	17-21-23	44
S3	4	24.00÷24.45	24-25-27	52
S3	5	27.00÷27.45	33-34-35	69
S4	1	2.00÷2.45	3-3-4	7
S4	2	7.00÷7.45	14-16-19	35
S4	3	13.00÷13.45	23-24-21	45
S4	4	21.00÷21.45	24-27-29	56
S4	5	27.00÷27.45	24-23-26	49

**Tabella 3**

### 6.3 Analisi di laboratorio (vedi tav.n.32 QC2.01.14)

Volendo maggiormente caratterizzare i litotipi incontrati sotto l'aspetto geomeccanico, sono stati effettuati i prelievi di n.4 campioni indisturbati (**vedi colonne stratigrafiche tav.n. 30 QC2.01.12 e tabella n.4**) sui quali sono state effettuate delle prove di laboratorio dal laboratorio geotecnico SOGEA srl di Roma con Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI Decreto 57027/5-11-2007 - DPR 246/1993 - Circolare 349/STC/1999, così come riportato **nella tavola 32 QC2.01.14 e nella tabella n.4-5**

SONDAGGIO	CAMPIONE	PROFONDITA' in m dal p.c.	CLASSIFICAZIONE DEL LITOTIPO
S1	C1	-8.00÷-8,50	Argilla limo sabbiosa di colore nocciola verdastro con elementi detritici calcarei sparsi
S2	C1	-5,00÷-5,50	Argilla limo sabbiosa di colore nocciola con abbondanti elementi detritici calcarei biancastri anche di grosse dimensioni
S3	C1	-18.00÷-18,50	Argilla limosa, debolmente sabbiosa, di colore grigio verdastro, con rari elementi detritici calcarei
S4	C1	-3.20÷-3,70	Limo argilloso, debolmente sabbioso, di colore nocciola verdastro, a struttura caotica, con elementi detritici calcarei a spigoli vivi e ciottoli di colore biancastro

**Tabella n.4 PROSPETTO RIASSUNTIVO DEI CAMPIONI PRELEVATI**

La serie di prove effettuate sono quelle riportate dalla **tabella n°5**.

TAVOLE DI RIFERIMENTO	Tavola 32 QC2.01.14	Tavola 32 QC2.01.14	Tavola 32 QC2.01.14	Tavola 32 QC2.01.14
ANALISI SU ROCCIA	--	--	--	--
RIGONFIAMENTO IMPEDITO	--	--	--	--
RIGONFIAMENTO LIBERO	--	--	--	--
COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA	--	--	--	--
PROVA DI TAGLIO DIRETTO	X	X	X	X
TRIASS. C.D.	--	--	--	--
TR. C.U.+u	--	--	--	--
TRIASS. C.U.	--	--	--	--
TRIASS. U.U.	--	--	--	--
Cv	--	--	--	--
EDOMETRIA	--	--	--	--
AEROMETRIA	--	--	--	--
ANALISI GRANULOMETRICA	X	X	X	X
LIMITI DI LL ATTERBERG LP	--	--	--	--
<b>CARATTERISTICHE FISICHE</b>				
INDICE DEI VUOTI	X	X	X	X
POROSITA'	X	X	X	X
GRADO DI SATURAZIONE	X	X	X	X
CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE	X	X	X	X
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	X	X	X	X
PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE	X	X	X	X
UMIDITA' NATURALE	X	X	X	X
PROF. DAL P.C.	-8.00÷-8,50	-5,00÷-5,50	-18.00÷-18,50	-3.20÷-3,70
N° CAMPIONE	C1	C1	C1	C1
SONDAGGIO	S1	S2	S3	S4

**Tabella n.5 SERIE DI PROVE EFFETTUATE**

Dalle suddette prove di laboratorio si rilevano i diversi tipi litologici con i rispettivi parametri geomeccanici come riportati nella **tabella n°6**.

GRUPPI LITOLGICI	PESO DI VOLUME	UMIDITA' %	ANGOLO DI ATTRITO INTERNO $\Phi$	POROSITA' d	PESO SPECIFICO DEI GRANULI
Argilla limo sabbiosa	19,9 kN/mc	16,6	25,05°	31,4%	2,54
Argilla limosa - Limo argilloso	20 kN/mc	17,35	23,7°	32%	2,55

**Tabella n°6 Parametri geotecnici “valori medi”**

### **6.3.1 Tecnica delle prove di laboratorio**

#### **- Caratteristiche generali**

Le caratteristiche generali dei campioni di cui abbiamo effettuato la determinazione in laboratorio, sono le seguenti:

peso specifico dei granuli (gr/cmc);

peso dell'unità di volume (gr/cmc);

densità secca (gr/cmc);

porosità (%);

indice dei pori;

grado di saturazione.

#### **- Analisi granulometrica**

A seconda della composizione granulometrica dei campioni, le analisi sono state eseguite per sola sedimentazione ovvero per sedimentazione e successiva setacciatura.

Le analisi per setacciatura, per facilitare la separazione delle frazioni più fini, sono state eseguite con l'ausilio di un getto d'acqua e la preparazione dei campioni è stata eseguita secondo le norme dell'American Society of Testing Material (ASTM) Des D 422-61 T.

I risultati delle analisi granulometriche sono stati posti in diagrammi, riportando sulle ascisse, in scala logaritmica, i valori  $d$  dei diametri dei granelli in mm, e sulle ordinate, in scala naturale, i valori  $P$  delle percentuali in peso dei granelli.

#### **- Prova di taglio diretto**

La prova è stata eseguita applicando ai provini, ricavati dai campioni semidisturbati, una pressione verticale diversa da provino a provino ma costante per ognuno di essi.

Tale fase di preconsolidazione, durante la quale si è anche permesso il drenaggio del campione, è stata mantenuta fino a che la curva tempo-cedimenti è risultata parallela all'asse del tempo.

Successivamente è stata incrementata una tensione orizzontale che ha portato a rottura i provini stessi.

Si sono così ottenute coppie di valori delle tensioni principali che hanno permesso di definire il comportamento del terreno in condizione di rottura.

Tali coppie, riferite ai singoli provini, sono state riportate su un diagramma aritmetico dal quale, mediante interpolazione di una retta intercetta dei diversi punti ottenuti, si sono ricavate:

la coesione ( $c$ ) : intersezione di tale retta con l'asse delle ordinate;

l'angolo di attrito ( $\phi$ ) : angolo che essa forma con l'asse delle ascisse.

## 6.4 Indagine sismica

### 6.4.1 Premessa

Sono state effettuate **n°10 prospezioni sismiche M.A.S.W.** (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh) per la microzonazione sismica del territorio comunale (**vedi Foto 11÷20**), in modo da definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la Normativa Vigente (**D.M. 14 gennaio 2008**).

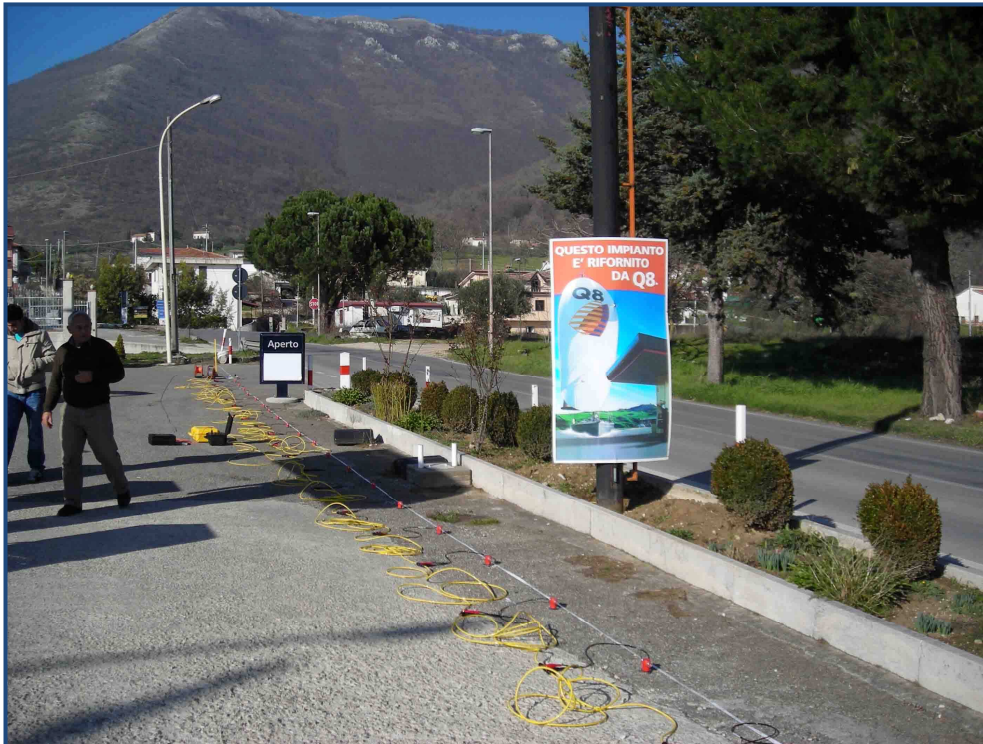


Foto n.11 – Prospezione sismica MASW n. 1 – Località Lago.





**Foto n.12 – Prospezione sismica MASW n. 2 – Piazza Castello.**



**Foto n.13 – Prospezione sismica MASW n. 3 – Località Vonghia.**





**Foto n.14 – Prospezione sismica MASW n. 4 – Località Perrazze**



**Foto n.15 – Prospezione sismica MASW n. 5 – Località Lago.**





**Foto n. 16 – Prospezione sismica MASW n. 6 – Località Arigliulo.**



**Foto n.17 – Prospezione sismica MASW n. 7 – Località Padula**





**Foto n.18 – Prospezione sismica MASW n. 8 – Località Braida**



**Foto n.19 – Prospezione sismica MASW n. 9 – Località Tito**



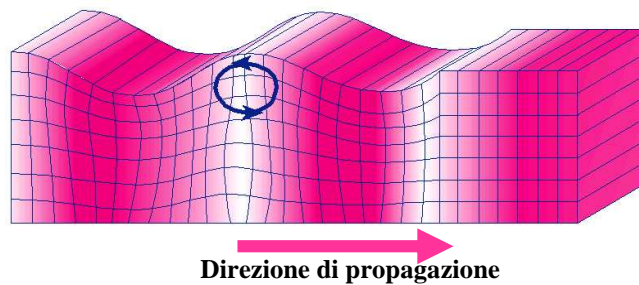


**Foto n.20 – Prospezione sismica MASW n. 10 – Località Monte di Pruno – SP36**

### 6.4.2 Prosezioni sismiche basate sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (vedi Fig. n.10) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde che vengono generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a  $0.92V_S$ . In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e  $0.92V_S$ . La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).



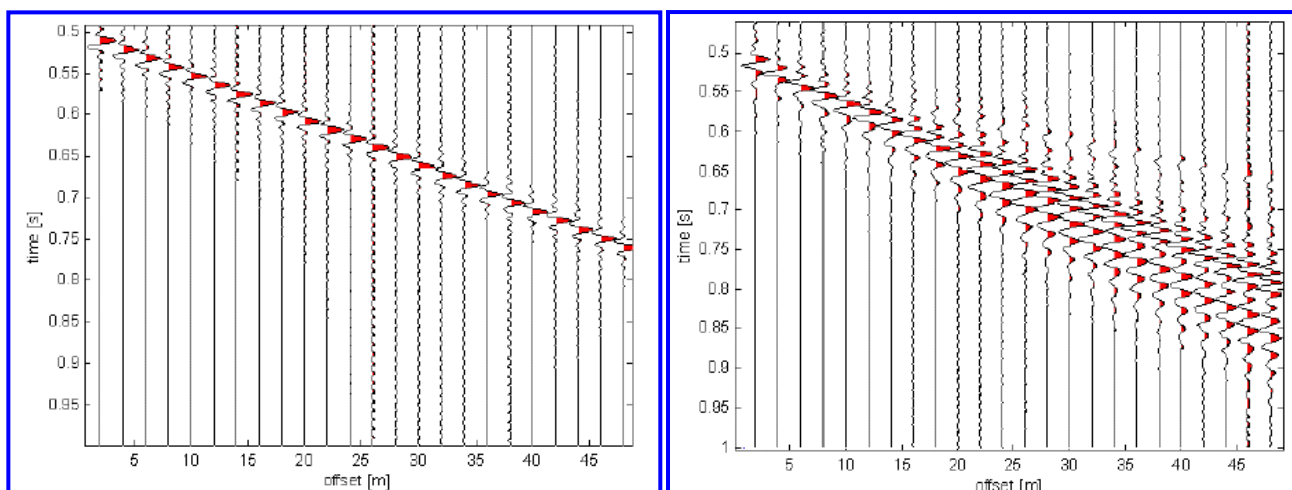
**Fig. 10 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.**

La determinazione della velocità delle onde di taglio  $V_S$  tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde  $P$  (7%) ed  $S$  (26%). Inoltre l'ampiezza delle onde superficiali dipende da  $\sqrt{r}$  e non da  $r$  come per le onde di volume.

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla  $V_P$  e dalla densità, è funzione innanzitutto della  $V_S$ , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative

antisismiche (O.P.C.M. 3274/03; O.P.C.M. 3431/05; D.M. 14 gennaio 2008). Infatti, mentre la velocità delle onde  $P$  misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde  $S$  è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde  $P$ , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle  $V_S$ , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati (Fig. 11).



**Fig. 11 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.**

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione (**Fig. 12**).



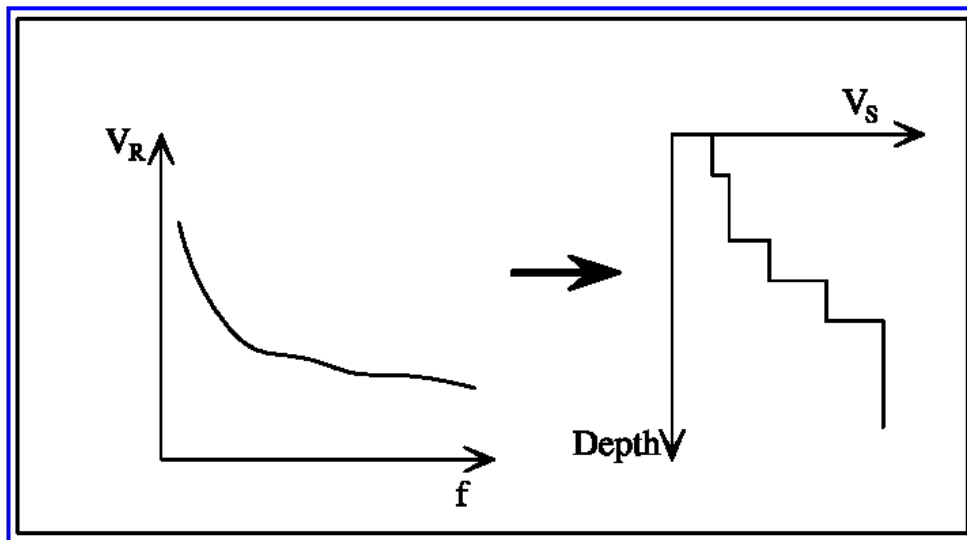


Fig. 12 – Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (a sinistra) e profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d'inversione.

La velocità delle onde di Rayleigh ( $V_R$ ) è pari a circa il 90% delle onde di taglio ( $V_S$ ). Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative meno onerose della comune sismica a rifrazione e delle prove in foro e hanno un grado di incertezza nella determinazione delle  $V_S < 15\%$ .

La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali a  $4.5\text{Hz}$  e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti metodologie: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time ANalysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

La tecnica ReMi consente di raggiungere profondità ragguardevoli fornendo un profilo verticale medio delle  $V_S$  relative al volume di sottosuolo sotteso dallo stendimento (non rettilineo) messo in opera. Questa tecnica viene estensivamente utilizzata negli Stati Uniti nell'ambito del NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Program) tanto che il software fornisce anche direttamente il valore di  $V_{S30}$  e la categoria della classificazione del suolo secondo la normativa americana.

Il metodo FTAN per la determinazione delle  $V_{S30}$  (basato sull'analisi della velocità di gruppo delle onde superficiali di Rayleigh) ha bisogno di un solo ricevitore e permette la definizione di un profilo medio su distanze di decine-centinaia di metri. Inoltre il metodo fornisce valori di velocità delle onde di taglio in buon accordo con le misure in foro.

Il metodo SASW (basato sull'analisi della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh) viene generalmente impiegato per la determinazione delle  $V_S$  di strati superficiali ( $< 30\text{m}$ ) e per la determinazione delle proprietà elastiche di strade e pavimentazioni (Stokoe &

Nazarian, 1985) e, pertanto, sembra essere tra i metodi non invasivi quello più popolare tra gli ingegneri.

La tecnica MASW, fondata sulla tecnica SASW, consente una dettagliatissima ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde  $S$  nel sottosuolo.

#### 6.4.3 PROSPEZIONI SISMICHE MASW

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio  $V_S$ . Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, simili alla tecnica SASW, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 4 passi fondamentali:

1. Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici (Fig. 13), generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni (Fig. 14);

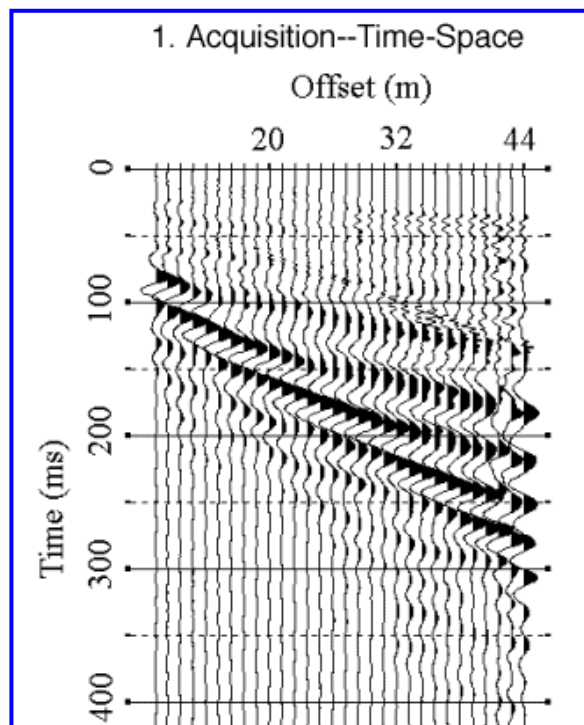


Fig. 13 – Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.

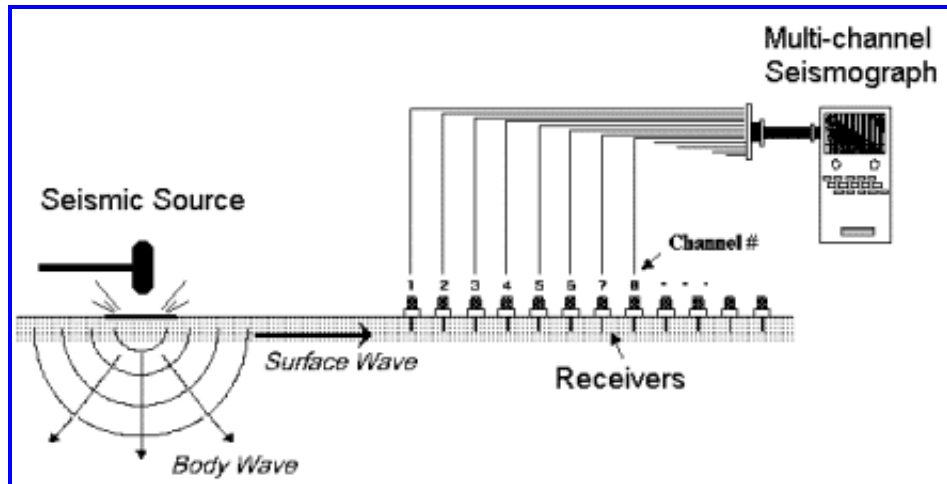


Fig. 14 – Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.

2. Estrazione del modo fondamentale di oscillazione dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione) (Fig. 15);

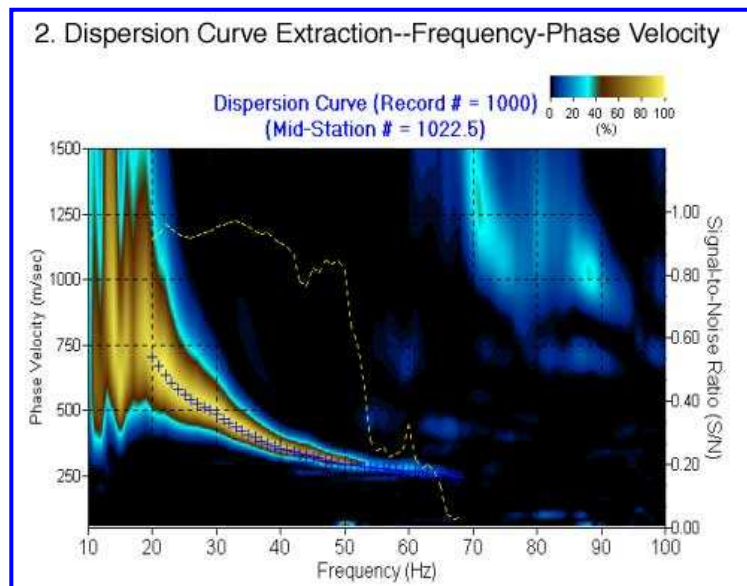


Fig. 15 – Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh.

3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle  $V_s$  (Fig. 16) (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);

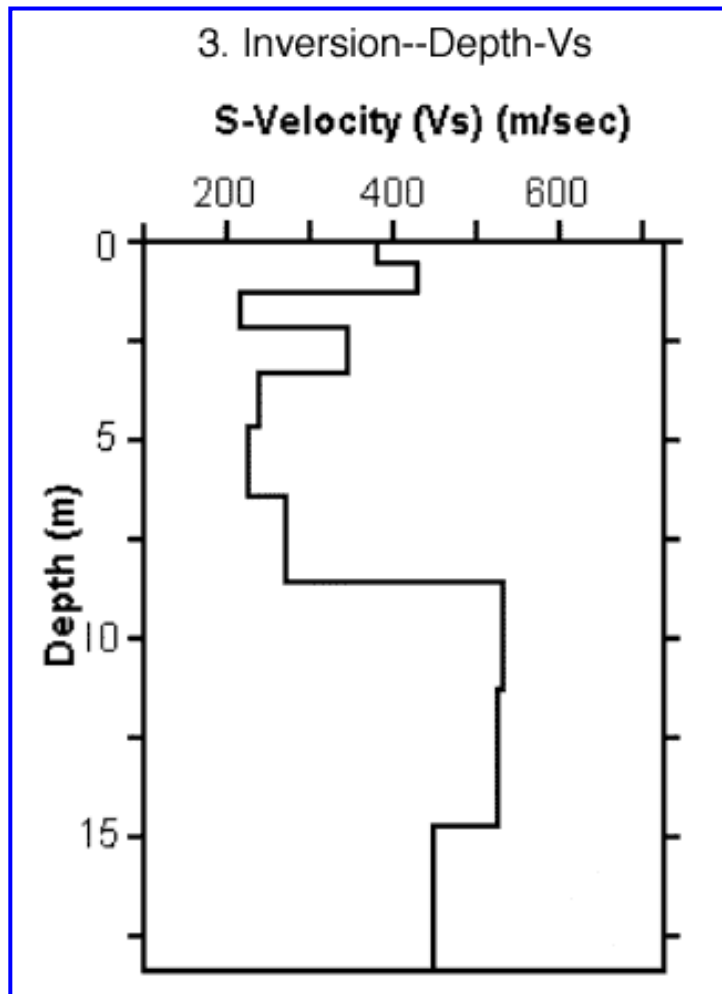
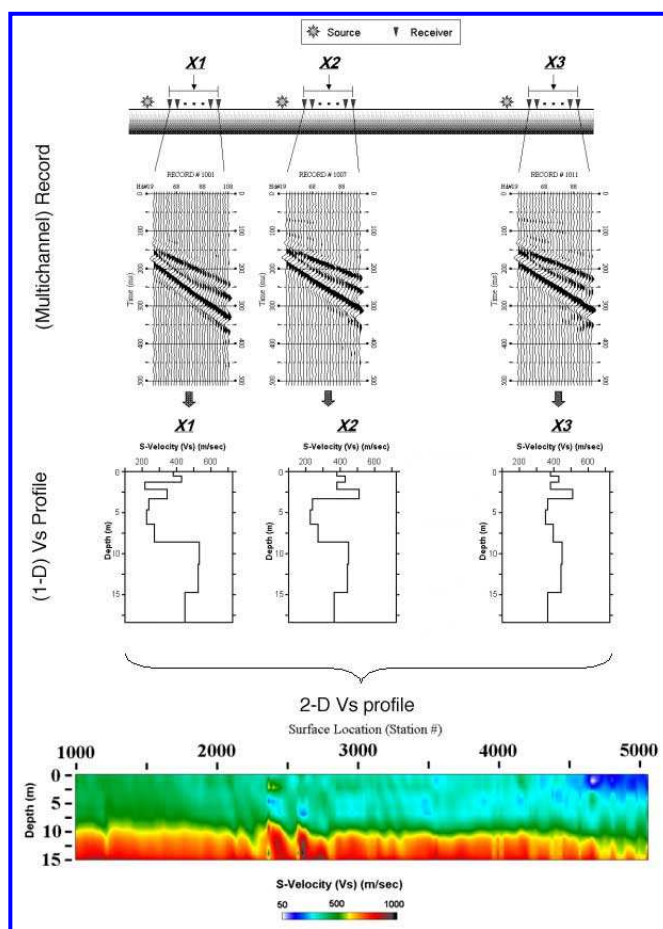


Fig. 16 – Modello di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) ottenuto dalla curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh attraverso l’inversione di un modello multistrato di terreno. La velocità delle onde di taglio è approssimativamente pari a  $1.1V_R$  ( $V_R$ =velocità delle onde di Rayleigh) e la profondità è pari a circa  $0.4\lambda$  ( $\lambda$ =lunghezza d’onda).

4. Ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle  $V_S$  dei terreni con approccio multicanale (Fig. 17).

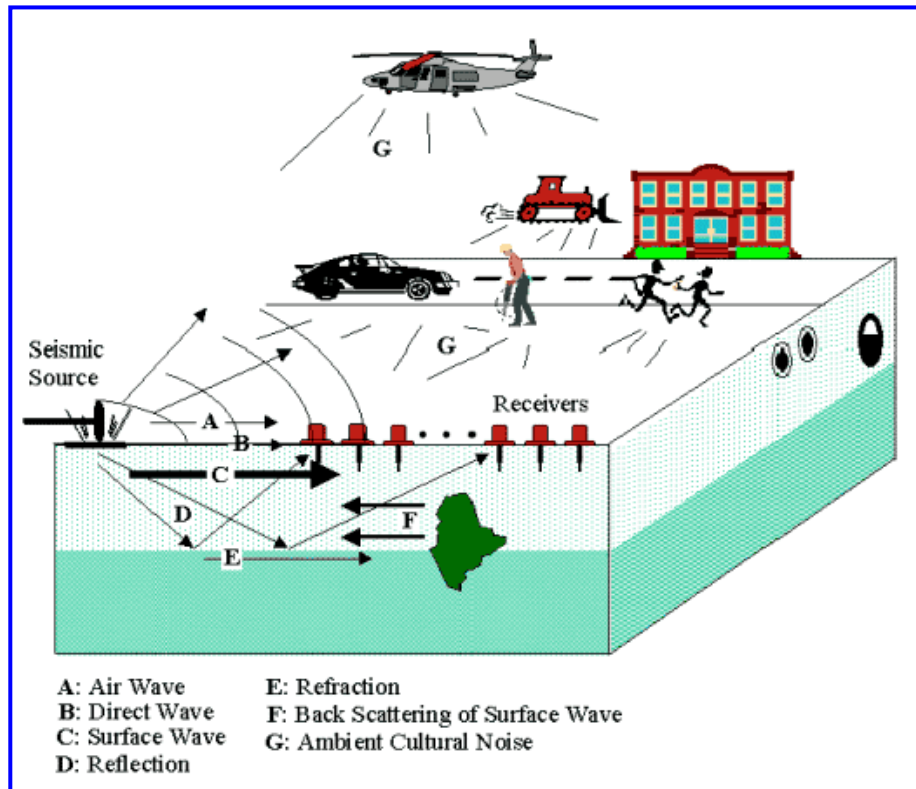


**Fig. 17 – Modello 2D di velocità delle onde di taglio ( $V_S$ ) ottenuto dalle inversioni delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh.**

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume ( $P$  ed  $S$ ), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni. Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore (Fig. 18).

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana (Fig. 18).

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali.



**Fig. 18 – Schematizzazione dei vari tipi di onde (di volume e superficiali) e di alcune possibili sorgenti di rumore ambientale.**

Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti (Fig. 19) in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni (Fig. 20).



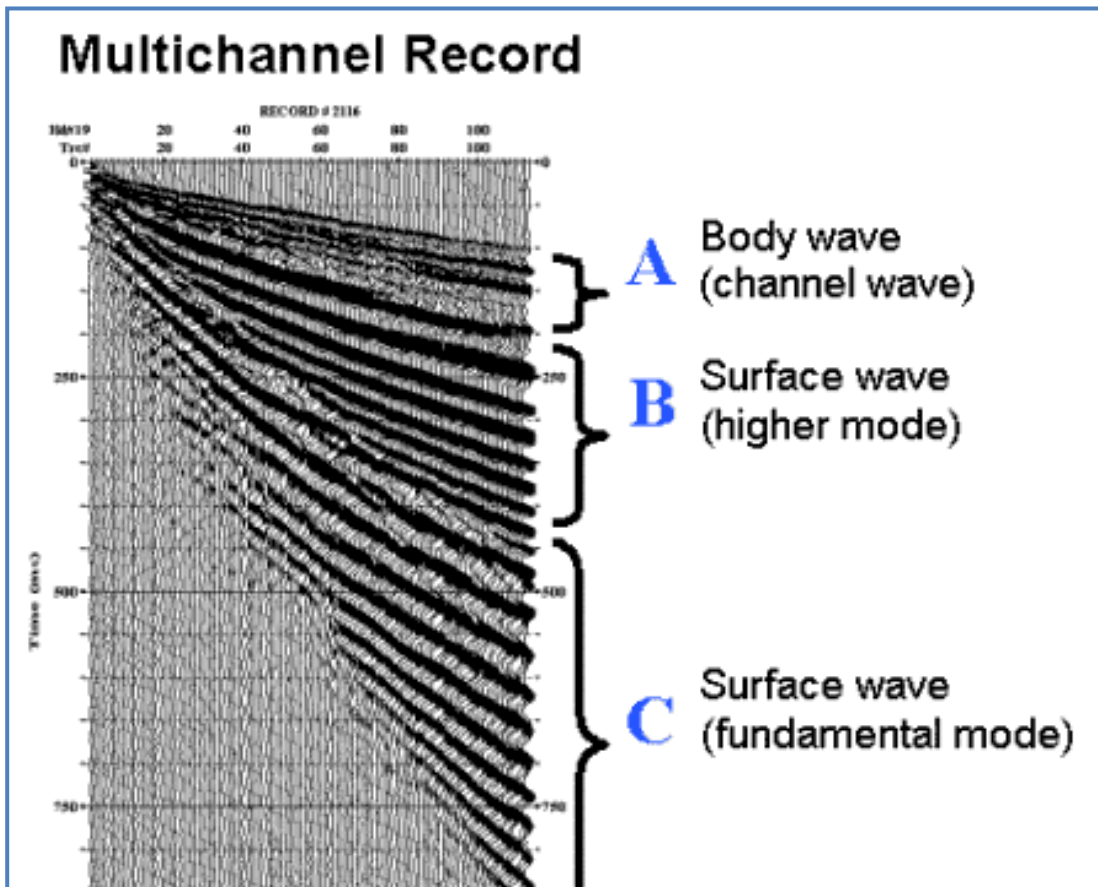
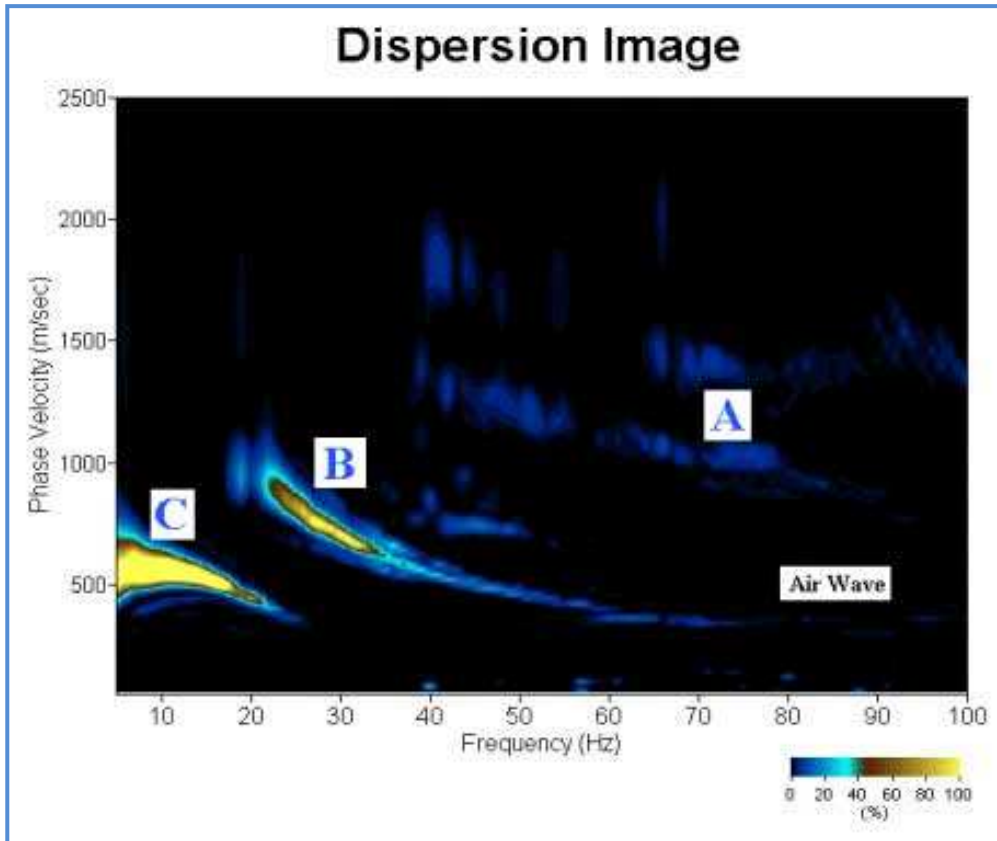


Fig. 19 – Segnali sismici con acquisizione multicanale e riconoscimento delle varie fasi sismiche (onde di volume, modo fondamentale e modi superiori delle onde superficiali).



**Fig. 20 – Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh relativa ai segnali sismici in Fig. 20. Il picco energetico in corrispondenza di C rappresenta, nel modello della dispersione, il modo fondamentale da estrarre. Il picco energetico in B rappresenta il primo modo mentre quello in A, poco evidente, rappresenterebbe il secondo modo.**

Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione.

### 6.4.5 Indagini sismiche eseguite

Al fine di caratterizzare sismicamente il suolo nell'intero comprensorio comunale di Palomonte oggetto de nostro studio, sono state eseguite n.10 prospezioni sismiche MASW, con le seguenti caratteristiche (**vedi tabella n.7**):

<i>Prospezione sismica</i>	<i>Lunghezza complessiva dello stendimento (m)</i>	<i>Offset e spacing (m)</i>	<i>Direzione</i>	<i>Coordinate</i>	
				<i>N</i>	<i>E</i>
<i>MASW n.1</i>	<i>31.25</i>	<i>1.25</i>	<i>N 37°E</i>	<i>40.678369</i>	<i>15.310769</i>
<i>MASW n.2</i>	<i>31.25</i>	<i>1.25</i>	<i>N 287°E</i>	<i>40.663222</i>	<i>15.291073</i>
<i>MASW n.3</i>	<i>31.25</i>	<i>1.25</i>	<i>N 196°E</i>	<i>40.667399</i>	<i>15.277311</i>
<i>MASW n.4</i>	<i>31.25</i>	<i>1.25</i>	<i>N 79°E</i>	<i>40.680982</i>	<i>15.292395</i>
<i>MASW n.5</i>	<i>31.25</i>	<i>1.25</i>	<i>N 29°E</i>	<i>40.674325</i>	<i>15.316403</i>
<i>MASW n.6</i>	<i>31.25</i>	<i>1.25</i>	<i>N 137°E</i>	<i>40.657950</i>	<i>15.312084</i>
<i>MASW n.7</i>	<i>31.25</i>	<i>1.25</i>	<i>N 17°E</i>	<i>40.642876</i>	<i>15.281623</i>
<i>MASW n.8</i>	<i>31.25</i>	<i>1.25</i>	<i>N 110°E</i>	<i>40.642417</i>	<i>15.304098</i>
<i>MASW n.9</i>	<i>31.25</i>	<i>1.25</i>	<i>N 212°E</i>	<i>40.635944</i>	<i>15.312649</i>
<i>MASW n.10</i>	<i>31.25</i>	<i>1.25</i>	<i>N 337°E</i>	<i>40.629066</i>	<i>15.293093</i>

Tab.7 – Riepilogo caratteristiche delle fasi di acquisizione relative agli stendimenti geofonici messi in opera.

Le indagini sono state condotte mediante l'utilizzo di sismografo M.A.E. A6000-S 24 bit 24 canali, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali [Re.Mi. (Refraction Microtremor); M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves); S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves)].

L'elevata dinamica (24 bit di risoluzione) unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo per tecniche di indagine di tipo non convenzionale. Tali indagini risultano particolarmente adatte in aree fortemente antropizzate (aree urbane e industriali) con notevole presenza di rumore di fondo (noise).

La gestione dell'apparecchiatura è notevolmente semplificata dall'interfaccia grafica e dall'interazione con essa tramite il sistema di puntamento touch-screen, che consente di eseguire tutte le operazioni toccando con un pennino gli oggetti interessati direttamente sullo schermo.

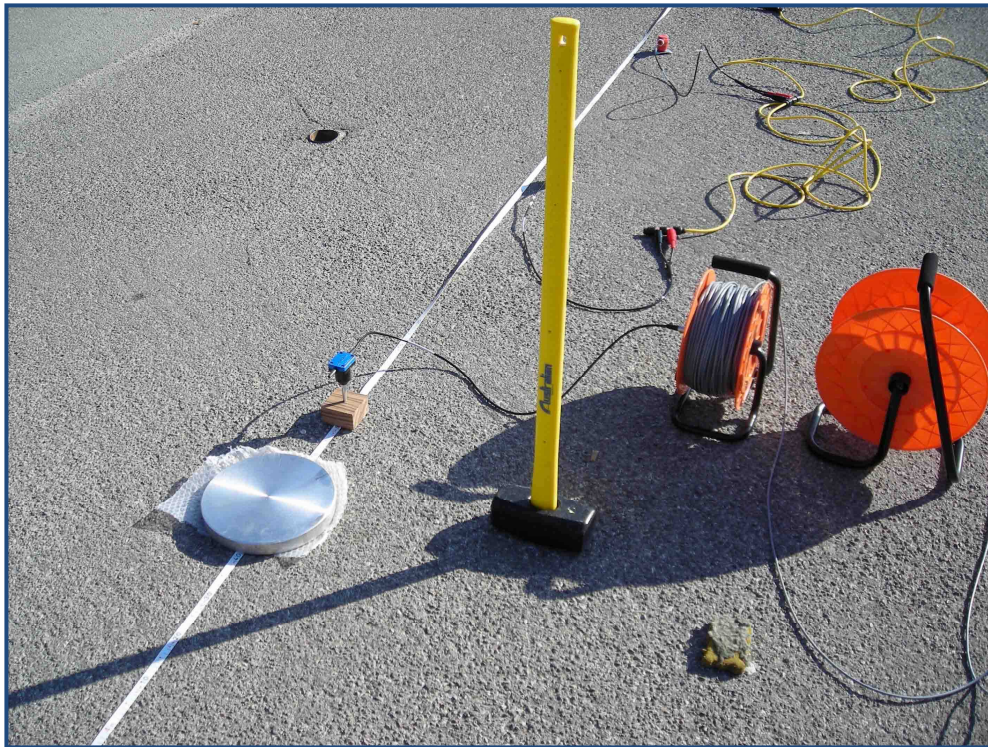
L'ambiente operativo dello strumento è quello di Microsoft Windows XP embedded.

La sorgente sismica (**vedi Fig. 21**) è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di  $6kg$  che batte su una piastra circolare in alluminio). Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a  $14Hz$ , posto in prossimità della piastra.

Quando la battuta sulla superficie della piastra non risultava netta o veniva colpita due volte erroneamente, la prova veniva ripetuta.

La sorgente è stata posizionata all'inizio e alla fine di ogni stendimento geofonico, con offset pari a  $1.25m$ , in modo tale da ottenere profili sismici diretti ed inversi. Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali (Geospace –  $4.5Hz$ ) posizionati lungo i profili di indagine con spacing pari a  $1.25m$ , (**vedi Tab. 7**). La lunghezza complessiva di ogni stendimento geofonico è stata sufficiente a determinare la sismostratigrafia 2D dei terreni nei siti prescelti fino alla profondità massima di  $35.9m$  dal p.c..

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con apposito programma (SurfSeis 2.05 della Kansas Geological Survey) per la determinazione della sismostratigrafia del sottosuolo.



**Fig. 21** – Sorgente energizzante, costituita da massa battente su piastra di alluminio. Come starter/trigger è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a  $14Hz$ .

#### 6.4.6 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale  $T=2.048s$ , sono state effettuate con passo di campionamento  $dt=0.5ms$ . La frequenza di campionamento è data da:  $f_{\text{campionamento}}=1/dt=2000Hz$ . La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da:  $f_{\text{Nyquist}}=1/2dt=1000Hz$ . La frequenza minima dei segnali è data da:  $f_{\text{min}}=1/T=0.488Hz$ .

L'elaborazione dei dati e l'inversione delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh sono state effettuate con il programma SurfSeis 2.05 della Kansas Geological Survey che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione di n. 10 sezioni sismostratigrafiche 2D delle  $V_S$  (vedi Fig. 28; Fig. 35; Fig. 42; Fig. 49; Fig. 56; Fig. 63; Fig. 70; Fig. 77; Fig. 84; Fig. 91 illustrate nella tavola n.31 QC2.01.13 allegata).

**Gli elaborati relativi alle prove effettuate sono riportati nelle figg. 22÷91 illustrate nella tavola n. 31 QC2.01.13 allegata.**



### 6.4.7 INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI

Le indagini sismiche MASW effettuate, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di 30m (0m – 30m) dal p.c., hanno fornito risultati che collocano i terreni oggetto d’indagine nelle categorie **A, B e C del D.M. 14 gennaio 2008 (Tab. 8; Tab. 9)**. Queste categorie sono state ricavate, come da normativa, dalla relazione:

$$V_{s30} = \frac{30m}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di profondità al di sotto del piano fondale.

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Categoria	Descrizione
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

**Tab. 8 – Categorie Suoli di fondazione (D.M. 14 gennaio 2008).**



<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)	<i>Categoria Suoli di Fondazione</i> (D.M. 14/01/2008)	<i>Categoria Topografica</i> (D.M. 14/01/2008)
MASW n. 1	[412 ÷ 417]	<b>B</b>	<b>T1</b>
MASW n. 2	[583 ÷ 586]	<b>B</b>	<b>T4 (h/H = 0.94)</b>
MASW n. 3	[427 ÷ 437]	<b>B</b>	<b>T1</b>
MASW n. 4	[524 ÷ 539]	<b>B</b>	<b>T1</b>
MASW n. 5	[224 ÷ 225]	<b>C</b>	<b>T1</b>
MASW n. 6	[1182 ÷ 1190]	<b>A</b>	<b>T2 (h/H = 0.94)</b>
MASW n. 7	[454 ÷ 455]	<b>B</b>	<b>T1</b>
MASW n. 8	[357 ÷ 360]	<b>C</b>	<b>T1</b>
MASW n. 9	[463 ÷ 480]	<b>B</b>	<b>T2 (h/H = 0.80)</b>
MASW n. 10	[318 ÷ 324]	<b>C</b>	<b>T1</b>

Tab. 9 – Categoria Suolo di fondazione ottenuta dalle prospezioni sismiche MASW effettuate.

**Categoria di suolo di fondazione A** = *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*, caratterizzati da valori di  $V_{S30}$  superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m.

**Categoria di suolo di fondazione B** = *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 360m/s e 800m/s (ovvero  $N_{SPT-30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u30} > 250kPa$  nei terreni a grana fina).

**Categoria di suolo di fondazione C** = *Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 180m/s e 360m/s (ovvero  $15 < N_{SPT30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u30} < 250kPa$  nei terreni a grana fina).

**Categoria topografica T1** = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .

**Categoria topografica T2** = Pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$  (h/H = variabile dove h = quota sito e H = quota massima del versante).

**Categoria topografica T4** = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media  $i > 30^\circ$  (h/H = 0.94 dove h = quota sito e H = quota massima del versante).

### 6.4.8 CONCLUSIONI di carattere sismico

Il territorio comunale di Palomonte (SA), a seguito della riclassificazione sismica del 2002 effettuata dalla Regione Campania, è classificato in II categoria -  $S=9$  -  $a_g=0.25g$  (vedi Fig. n.92).

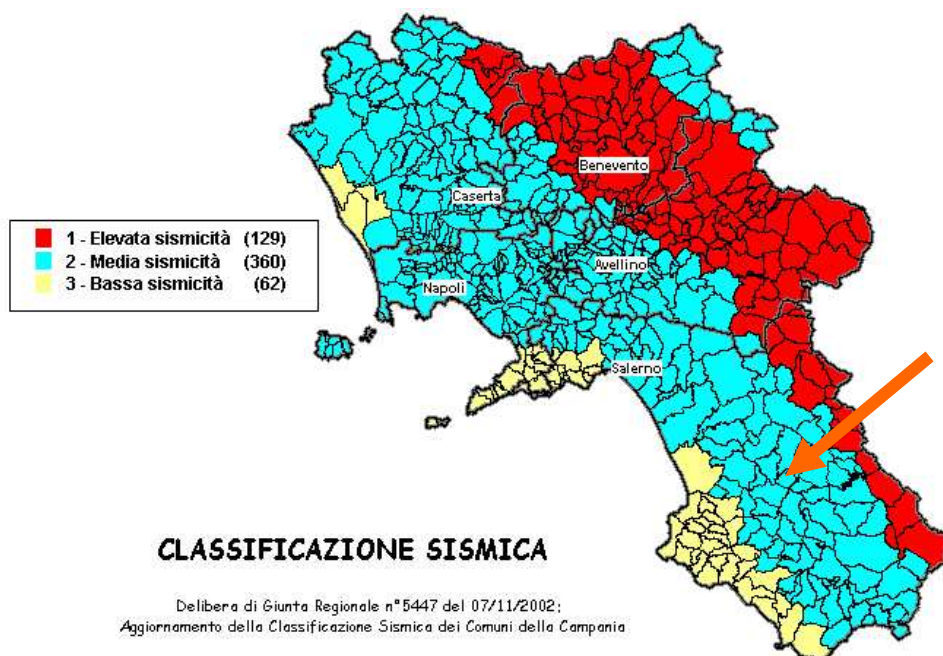


Fig. 92 – Classificazione sismica del 2002 dei comuni della regione Campania. Zona 1, valore di  $a_g=0.35g$ ; Zona 2, valore di  $a_g=0.25g$ ; Zona 3, valore di  $a_g=0.15g$ .

Inoltre la mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (vedi Fig. 93), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, redatta secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), indica che il territorio comunale di Palomonte (SA) rientra nelle celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento compresi tra 0.150 e 0.250 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

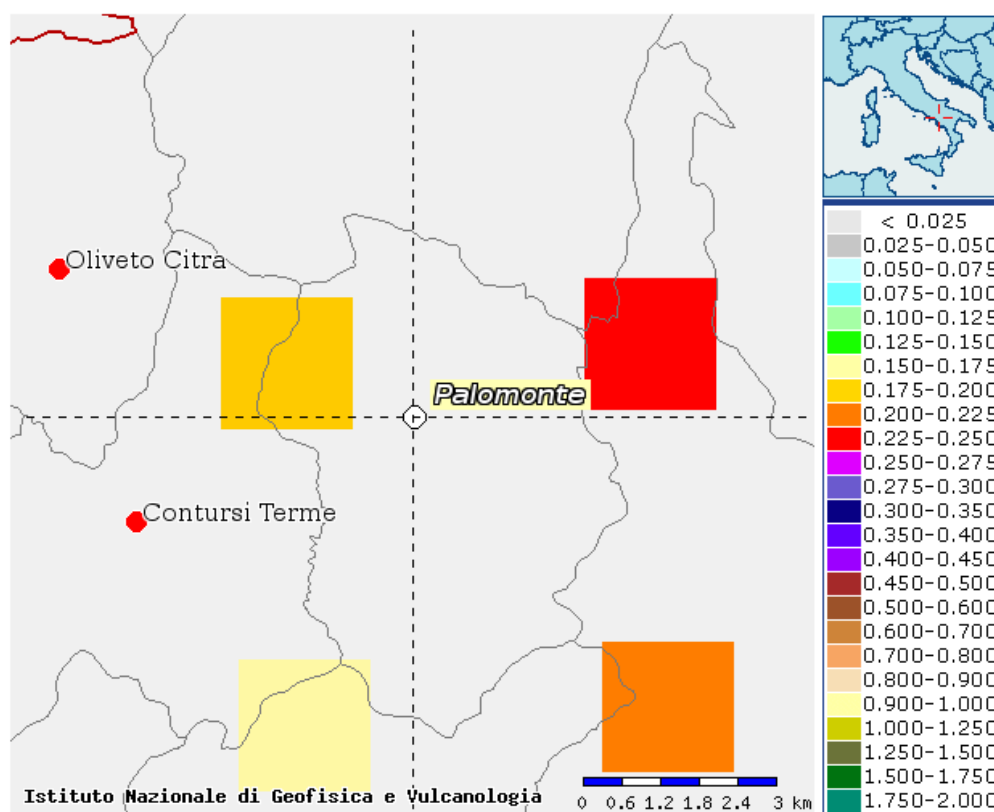


Fig. 93 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell’INGV di Milano secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

I risultati forniti dalle indagini sismiche MASW effettuate permettono di definire la categoria di suolo dei siti che risultano posti nelle categorie **A**, **B** e **C**, con valori di  $V_{S30}$  calcolati pari a (vedi Tab. n.10):

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)
<i>MASW n. 1</i>	<i>[412 ÷ 417]</i>
<i>MASW n. 2</i>	<i>[583 ÷ 586]</i>
<i>MASW n. 3</i>	<i>[427 ÷ 437]</i>
<i>MASW n. 4</i>	<i>[524 ÷ 539]</i>
<i>MASW n. 5</i>	<i>[224 ÷ 225]</i>
<i>MASW n. 6</i>	<i>[1182 ÷ 1190]</i>
<i>MASW n.7</i>	<i>[454 ÷ 455]</i>
<i>MASW n. 8</i>	<i>[357 ÷ 360]</i>
<i>MASW n. 9</i>	<i>[463 ÷ 480]</i>
<i>MASW n. 10</i>	<i>[318 ÷ 324]</i>

Tab. 10 – Valori di  $V_{S30}$  calcolati, relativi alle prospezioni sismiche MASW effettuate.

Di seguito si riportano i valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nelle 10 prospezioni sismiche MASW effettuate (vedi **Tabb. 11 – 20**).

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i><math>V_S</math> (m/s) acquisizione n. 1</i>	<i><math>V_S</math> (m/s) acquisizione n. 2</i>
S1	0.0 - 1.0	237	244
S2	1.0 - 2.2	252	258
S3	2.2 - 3.8	287	276
S4	3.8 - 5.7	361	343
S5	5.7 - 8.1	463	442
S6	8.1 - 11.1	391	345
S7	11.1 - 14.8	321	337
S8	14.8 - 19.5	509	549
S9	19.5 – 25.4	640	609
S10	25.4 – 31.8	784	781

**Tab. 11 - Prospetto delle determinazioni dei valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n. 1.**

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i><math>V_S</math> (m/s) acquisizione n. 1</i>	<i><math>V_S</math> (m/s) acquisizione n. 2</i>
S1	0.0 - 1.1	382	392
S2	1.1 - 2.4	280	304
S3	2.4 - 4.0	502	447
S4	4.0 - 6.1	646	627
S5	6.1 - 8.7	601	641
S6	8.7 - 11.9	547	585
S7	11.9 - 16.0	562	554
S8	16.0 - 21.0	687	658
S9	21.0 – 27.3	795	759
S10	27.3 – 34.2	878	896

**Tab. 12 - Prospetto delle determinazioni dei valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n. 2.**

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V<sub>S</sub> (m/s)</i> <i>acquisizione n. 1</i>	<i>V<sub>S</sub> (m/s)</i> <i>acquisizione n. 2</i>
S1	0.0 - 1.2	189	209
S2	1.2 - 2.7	233	217
S3	2.7 - 4.7	255	266
S4	4.7 - 7.0	383	393
S5	7.0 - 10.0	522	476
S6	10.0 - 13.7	508	516
S7	13.7 - 18.4	493	584
S8	18.4 - 24.2	579	600
S9	24.2 - 31.5	638	562
S10	31.5 - 35.3	867	882

**Tab. 13 - Prospetto delle determinazioni dei valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n. 3.**

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V<sub>S</sub> (m/s)</i> <i>acquisizione n. 1</i>	<i>V<sub>S</sub> (m/s)</i> <i>acquisizione n. 2</i>
S1	0.0 - 1.4	338	299
S2	1.4 - 3.1	150	161
S3	3.1 - 5.2	378	353
S4	5.2 - 7.8	435	414
S5	7.8 - 11.1	583	556
S6	11.1 - 15.3	762	728
S7	15.3 - 20.5	870	837
S8	20.5 - 26.9	871	868
S9	26.9 - 35.0	800	824

**Tab. 14 - Prospetto delle determinazioni dei valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n. 4.**

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V<sub>S</sub> (m/s)</i> <i>acquisizione n. 1</i>	<i>V<sub>S</sub> (m/s)</i> <i>acquisizione n. 2</i>
S1	0.0 - 1.1	226	209
S2	1.1 - 2.5	88	92
S3	2.5 - 4.2	78	80
S4	4.2 - 6.3	282	276
S5	6.3 - 8.9	205	191
S6	8.9 - 12.3	168	164
S7	12.3 - 16.4	287	289
S8	16.4 - 21.6	394	378
S9	21.6 - 28.1	457	443
S10	28.1 - 35.1	683	677

**Tab. 15 - Prospetto delle determinazioni dei valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n. 5.**

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V<sub>S</sub> (m/s)</i> <i>acquisizione n. 1</i>	<i>V<sub>S</sub> (m/s)</i> <i>acquisizione n. 2</i>
S1	0.0 - 1.3	1036	1038
S2	1.3 - 2.9	1007	1008
S3	2.9 - 4.9	861	880
S4	4.9 - 7.4	870	900
S5	7.4 - 10.5	1186	1181
S6	10.5 - 14.4	1424	1378
S7	14.4 - 19.2	1388	1345
S8	19.2 - 25.3	1336	1308
S9	25.3 - 32.9	1462	1427
S10	32.9 - 35.2	1733	1773

**Tab. 16 - Prospetto delle determinazioni dei valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n. 6.**



<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V<sub>S</sub> (m/s)</i> <i>acquisizione n. 1</i>	<i>V<sub>S</sub> (m/s)</i> <i>acquisizione n. 2</i>
S1	0.0 - 1.3	142	139
S2	1.3 - 2.9	191	193
S3	2.9 - 4.8	637	568
S4	4.8 - 7.3	620	613
S5	7.3 - 10.4	444	530
S6	10.4 - 14.3	348	346
S7	14.3 - 19.1	592	493
S8	19.1 - 25.2	700	669
S9	25.2 - 32.7	523	645
S10	32.7 - 35.9	727	703

**Tab. 17 - Prospetto delle determinazioni dei valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n. 7.**

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V<sub>S</sub> (m/s)</i> <i>acquisizione n. 1</i>	<i>V<sub>S</sub> (m/s)</i> <i>acquisizione n. 2</i>
S1	0.0 - 1.3	204	182
S2	1.3 - 2.8	273	278
S3	2.8 - 4.8	222	242
S4	4.8 - 7.2	346	314
S5	7.2 - 10.3	505	483
S6	10.3 - 14.1	270	308
S7	14.1 - 18.9	322	326
S8	18.9 - 24.9	631	582
S9	24.9 - 32.4	671	609
S10	32.4 - 35.5	689	704

**Tab. 18 - Prospetto delle determinazioni dei valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n. 8.**

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V<sub>S</sub> (m/s)</i> <i>acquisizione n. 1</i>	<i>V<sub>S</sub> (m/s)</i> <i>acquisizione n. 2</i>
S1	0.0 - 1.3	294	294
S2	1.3 - 2.8	228	234
S3	2.8 - 4.8	629	601
S4	4.8 - 7.2	955	981
S5	7.2 - 10.3	802	893
S6	10.3 - 14.1	271	267
S7	14.1 - 18.9	378	393
S8	18.9 - 24.9	685	710
S9	24.9 - 32.3	761	764
S10	32.3 - 35.4	990	903

**Tab. 19 - Prospetto delle determinazioni dei valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n. 9.**

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V<sub>S</sub> (m/s)</i> <i>acquisizione n. 1</i>	<i>V<sub>S</sub> (m/s)</i> <i>acquisizione n. 2</i>
S1	0.0 - 1.4	131	129
S2	1.4 - 3.1	324	339
S3	3.1 - 5.3	181	176
S4	5.3 - 8.0	306	296
S5	8.0 - 11.4	222	224
S6	11.4 - 15.7	322	329
S7	15.7 - 21.0	454	467
S8	21.0 - 27.6	527	537
S9	27.6 - 35.8	596	598

**Tab. 20 - Prospetto delle determinazioni dei valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n. 10.**

## **7. MICROZONAZIONE SISMICA E RISPOSTA SISMICA LOCALE**

### **7.1 Microzonazione Sismica**

**La Microzonazione Sismica o Zonazione di Secondo Grado** (*Int. Geot. Ass., TC4, 1999; Rapolla, 2002*) **consiste nell'individuazione delle aree a differente risposta sismica nell'ambito di uno stesso comune.**

Con essa si forniscono carte di dettaglio delle variazioni degli effetti locali, con uno studio volto alla valutazione quantitativa della influenza che hanno le condizioni locali sul comportamento del territorio in relazione ad un evento sismico, raffinando quindi le conoscenze ottenute attraverso la Macrozonazione Sismica del Territorio Nazionale o Zonazione di Primo Grado (*Int. Geot. Ass., TC4, 1999*).

L'esigenza di questo studio nasce dal fatto che con la Zonazione di Primo Grado vengono delimitate, a grande scala, aree soggette a rischio sismico alle quali con la precedente normativa veniva assegnato lo stesso grado di sismicità. Questo determina degli squilibri all'interno dell'area, in genere, tanto maggiori quanto più questa è estesa. Infatti, l'esame della distribuzione dei danni prodotti da un terremoto nello stesso territorio dimostra che le azioni sismiche possono assumere, anche a distanze piccole, caratteristiche differenti, in funzione delle diverse condizioni locali (morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza e profondità della falda freatica, caratteristiche geologiche del sottosuolo, presenza di faglie).

La **Microzonazione Sismica** rappresenta quindi l'attività svolta ai fini di una più dettagliata suddivisione di un territorio comunale in Sottozone, o Microzone, ad omogenea risposta sismica, nelle quali i valori di pericolosità sismica rispecchiano più rigorosamente le condizioni locali.

L'individuazione di tali zone avviene attraverso un insieme di indagini e di studi effettuati allo scopo di valutare le caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche, geosismiche e geotecniche dei litotipi presenti in un'area relativamente ancora vasta, qual'è il territorio comunale.

Mediante la **Microzonazione** vengono anche individuati i terreni dinamicamente instabili (quelli cioè che in caso di sollecitazione sismica possono essere soggetti a deformazioni permanenti, **quali frane, liquefazione, addensamento**, etc.) e stimate le accelerazioni che si possono determinare sui terreni dinamicamente stabili.

Il risultato dello studio viene sintetizzato in carte di dettaglio, (**Carte della Microzonazione in prospettiva sismica**), da cui possono essere ricavate informazioni su eventuali limitazioni di natura urbanistica o suggerimenti per la progettazione degli edifici ed in generale per un razionale uso del territorio.

## 7.2 Risposta Sismica Locale

La geometria della struttura del sottosuolo, le variazioni dei tipi di terreni e delle sue proprietà con la profondità, le discontinuità laterali, e la superficie topografica sono all'origine delle larghe amplificazioni delle vibrazioni del terreno e sono stati correlati alla distribuzione del danno durante i terremoti distruttivi (*Aki, 1993; Bard, 1994; Faccioli, 1991, 1996; Chavez-Garcia et alii, 1996*).

Ai fini della riduzione del rischio sismico è importante riconoscere le aree in cui le oscillazioni del suolo sono più ampie e definire le frequenze con le quali esse tendono ad oscillare.

L'azione esercitata localmente dagli strati più superficiali, che operano sia da filtro che d'amplificatore, costituisce quello che va sotto il nome d'Effetto di Sito.

Riconoscere in dettaglio le aree caratterizzate in media da simile Risposta di Sito, dovuto alle caratteristiche geologiche o alla topografia, è diventata una richiesta fondamentale negli studi geologici e geofisici relativi alle costruzioni.

Infatti, anche la nuova normativa sismica del territorio italiano, sottolinea l'importanza della conoscenza delle condizioni geologiche del sito per adeguare le tecniche di costruzione.

L'azione esercitata localmente dagli strati più superficiali, che operano sia da filtro sia d'amplificatore, può essere valutata mediante due differenti metodi si indagine:

➤ **Metodi Diretti o Strumentali:** basati sull'analisi e sull'elaborazione di dati di registrazioni sismometriche eseguite in sito;

➤ **Metodi Indiretti o Numerici:** basati sulla modellazione numerica di specifiche situazioni ben caratterizzate geometricamente e meccanicamente, tramite rilievi specifici e accurate indagini geologiche e geologico-tecniche.

### 7.3 Effetto della geologia superficiale

E' ben noto che la geologia di superficie influenza il moto sismico. Due esempi di tali effetti sono San Francisco e Città del Messico. Le amplificazioni locali su sedimenti non consolidati sono state, le responsabili delle variazioni di intensità durante i terremoti, ad esempio, del 1906 di San Francisco e di Loma Prieta del 1989.

Un esempio classico degli effetti della geologia superficiale sulla risposta sismica locale, è anche il terremoto di Michoacan del 1985 ( $M = 8.1$  e con epicentro nell'oceano Pacifico), ed i suoi effetti in Messico D.F. Il segnale registrato nei bordi del bacino sul quale sorge la città presentava ampiezza molto bassa; invece il segnale misurato nel centro della valle, dove sono presenti in superficie argille con caratteristiche geotecniche scadenti, mostra una grande variazione nella durata, nell'ampiezza e nello spettro. Per mezzo di modellizzazioni numeriche si è evidenziato che lo strato più superficiale di argilla ebbe un effetto decisivo nelle caratteristiche della scossa (*Chàvez-Garcia et Bard, 1988; Chàvez-Garcia, 1991; Seed et alii. 1988*).

Il fenomeno responsabile per l'amplificazione di moto nei sedimenti sciolti è l'intrappolamento delle onde sismiche a causa del contrasto di impedenza tra sedimenti e il bedrock. L'interferenza tra queste "onde intrappolate" conduce a modelli di risonanza, la cui forma e la cui frequenza è legata alle caratteristiche geometriche e meccaniche della struttura. I modelli di risonanza sono molto semplici nel caso di 1-D, mentre divengono più complessi nel caso di strutture 2-D ed 3-D.

La frequenza alla quale si ha la risonanza, come la sua ampiezza, dipende dalle caratteristiche fisico meccaniche, geometriche e dinamiche degli strati del sottosuolo.

Quando la struttura è stratificata orizzontalmente quest'intrappolamento colpisce solamente le onde di volume, che viaggiano verso l'alto ed il basso negli strati superficiali. In una geometria più reale, in cui i sedimenti di superficie formano una struttura più complessa in quanto sono presenti variazioni laterali di facies o/e di spessore, il problema risulta molto più complicato, perché si produce l'intrappolamento sia delle onde P ed S sia delle onde superficiali L ed R, con la generazione e la dispersione inoltre di queste ultime all'interfaccia tra gli strati (Bard, 1988).

L'effetto più chiaro della risonanza 2D è l'aumento della durata del segnale: le onde intrappolate negli strati superficiali viaggiano da una parte ad un'altra all'interno dei sedimenti fino a che si attenuano.

Le onde di volume (P e S) subiscono riflessioni caratteristiche tra il limite superiore ed inferiore dei sedimenti; le onde superficiali, invece, viaggiano da un estremo ad un altro della valle, riflettendosi in essi. Queste ultime riflessioni producono l'incremento nella durata della perturbazione, che è tanto più importante quanto maggiore è il carattere 2D o 3D dell'area e maggiore è il contrasto di impedenza col substrato roccioso.



Tuttavia, i modelli attuali non sono capaci di spiegare incrementi e la durata del segnale tanto grandi come quegli osservati sperimentalmente (*Chàvez Garcja, 1991; Bard. 1988, 1996*).

Un altro fatto conosciuto è che il suolo amplifica il segnale solo in una parte dello spettro e produce l'effetto contrario (deamplificazione) in altre. *Aki (1988)* segnala al riguardo che il suolo amplifica per frequenze minori di 5 Hz. Per frequenze maggiori produce un filtraggio del segnale, dando allora la sensazione che è la roccia quella che amplifica.

Con la Normativa sismica italiana O.P.C.M. n.3274 del 2003, per la definizione dello spettro di risposta locale, a differenza dei provvedimenti legislativi passati, **tiene per la prima volta finalmente specifico conto delle caratteristiche dei terreni di fondazione** (*Rapolla, 2005*) ed ha infatti diviso in cinque diverse categorie di profilo stratigrafico, i terreni che compongono i primi 30 m (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni), classificandoli in base al valore VS30 che è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e che viene calcolata con l'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30m}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  è lo spessore in metri dello  $i$ -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità,  $V_i$  è la velocità delle onde di taglio nello stesso strato;  $N$  è il numero di strati presenti nei primi 30 m di profondità.

Le cinque diverse categorie di profilo stratigrafico distinte sono, con l'ultima normativa del D.M. 2008 le seguenti (**vedi tab.n.21**):

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

**Tabella n.21 (tabella 3.2II NTC DM 2008)**

Se il valore di  $V_{S30}$  per il sito in esame non è disponibile questo verrà classificato sulla base di  $N_{SPT}$  per terreni prevalentemente granulari) o di  $c_u$  (per terreni prevalentemente coesivi).

In corrispondenza delle 5 categorie di suolo, viene definito mediante indagini di risposta sismica locale, uno spettro di risposta elastico differente, funzione dei parametri S (fattore che tiene conto della categoria del suolo di fondazione),  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$  (periodi che separano i diversi rami dello spettro, dipendenti dalla categoria del suolo di fondazione).

In mancanza di accurate indagini di risposta sismica locale, si può accettare che tali parametri, per lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale, assumano i valori riportati nella seguente **tabelle 22 (3.1 ORDINANZA 3274/2003 e 3.2V NTC 2008)**:

Categoria suolo	S	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A	1,0	0,15	0,40	2,0
B,C,E	1,25	0,15	0,50	2,0
D	1,35	0,20	0,80	2,0

tabella 3.1 ordinanza 3274/2003

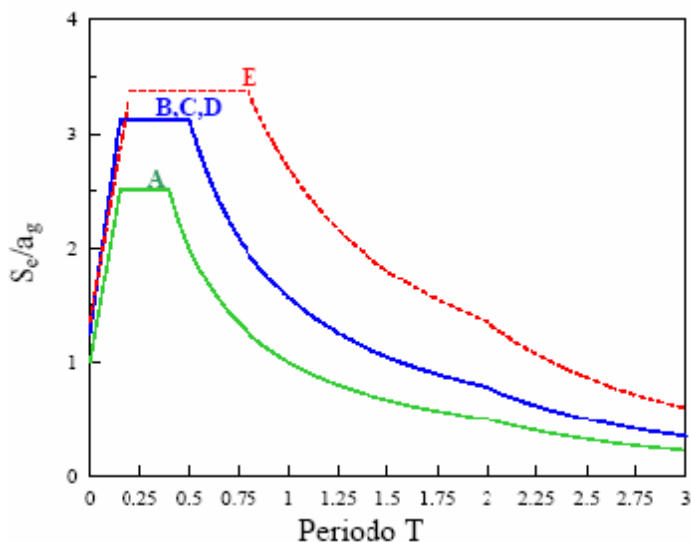
Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

tabella 3.2V NTC gennaio 2008

**Tabelle 22**

A questi corrispondono gli spettri riportati in **Figura 94**.



**Figura 94:** Spettro di risposta elastico della componente orizzontale di moto

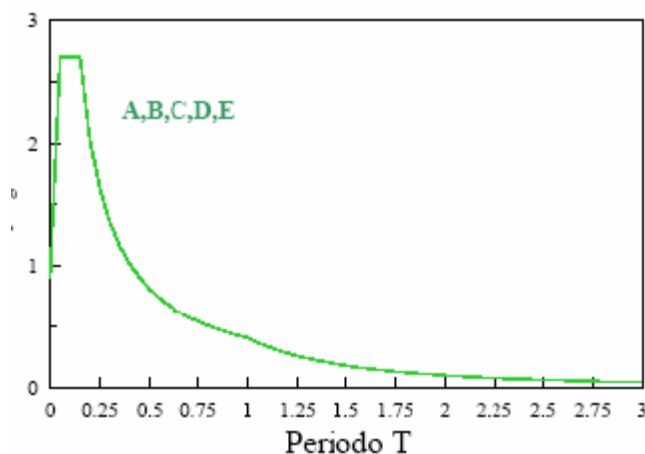
Per lo spettro di risposta elastico della componente verticale, tali parametri assumono i valori riportati in **Tabella 23** corrispondente alla Tabelle 3.2VII delle NTC D.M. 2008:

*Tabella 3.2.VII – Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale*

Categoria di sottosuolo	$S_S$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B, C, D, E	1.0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

**Tabella 23**

A questi corrisponde lo spettro riportato in Figura 95 (tabella 3.2 ordinanza 3274/2003)



**Figura 95:** Spettro di risposta elastico della componente verticale di moto

In aggiunta alle cinque categorie di terreno descritte ne sono state aggiunte altre due, per le quali andranno eseguiti degli studi speciali per la definizione dell'azione sismica (**vedi tabella 24: TABELLA 3.2.III NTC D.M. 2008**):

**Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.**

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

**Tabella n.24**

**S1. Terreni che includono uno strato di almeno 8m di terreni a grana fina di bassa consistenza**, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto di acqua, con  $10 < c_u < 20$  kPa e caratterizzati da valori di  $VS_{30} < 100$  m/s.

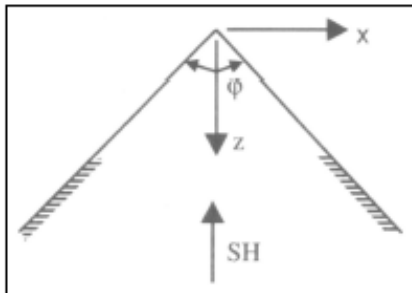
**S2. Terreni soggetti a liquefazione, argille sensitive**, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

## 7.4 Effetto della topografia

È nota l'influenza della topografia sul segnale sismico, con effetti differenziali negli edifici situati in zone elevate come è stato osservato nei terremoti di Friuli in 1976 (*Bramati et alii, 1980*) ed Irpinia in 1980 (*Siro, 1982; Rippa e Vinale, 1983*), o nel terremoto di Kozani del 1995, NW Grecia (*Bard, 1997*). L'osservazione della localizzazione dei danni mette in evidenza che l'influenza della geometria superficiale si risente maggiormente alla sommità del rilievo, e che in generale si produce amplificazione su topografie convesse (zone elevate con rilievo), e deamplificazione su topografie concave (zone basse e valli).

L'amplificazione del moto alla sommità dei rilievi va attribuito alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a causa della riflessione sulla superficie libera e all'interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto (*Bard, 1982*).

L'effetto della topografia può essere in prima approssimazione valutato considerando un cuneo indefinito, nell'ipotesi di mezzo elastico, omogeneo ed isotropo (*Aki, 1988; Faccioli, 1991*), soggetto ad onde SH che si propagano verticalmente, con moto parallelo all'asse longitudinale del cuneo stesso (**Figura 96**).



**Figura 96: Modello di Sanchez-Sesma**

Per questo schema geometrico *Sanchez-Sesma (1985, 1990)* hanno proposto una soluzione analitica, in cui i parametri del moto sono espressi in funzione dell'angolo al vertice del cuneo  $\varphi = \theta\pi$  ( $0 < \theta \leq 2$ ), dove nel caso di terreno orizzontale  $\theta = 1$ , e il fattore d'amplificazione  $A$  è calcolato come rapporto tra l'ampiezza,  $v$ , dello spostamento secondo l'asse longitudinale in corrispondenza del vertice del triangolo, e quella delle onde incidenti,  $v_0$  mediante l'espressione:

$$A = \frac{v}{v_0} = \frac{2}{\theta} = \frac{2\pi}{\varphi}$$

In base a questo modello, quindi, in presenza di un'irregolarità topografica, l'amplificazione delle onde SH dipende esclusivamente dalla forma geometrica del rilievo.



Gli studi degli effetti prodotti dalle irregolarità topografiche del terreno sulla risposta sismica locale si sono sviluppati soprattutto grazie alla modellizzazione numerica bidimensionale, che permette di analizzare le diverse situazioni geometriche che si possono presentare nel sottosuolo.

In particolare, negli ultimi anni, sono stati realizzati degli studi parametrici (*Geli et alii, 1988; Bard, 1994; Álvarez, 1999*) i quali hanno messo in evidenza che:

- il moto sismico in corrispondenza della cresta di un rilievo è amplificato rispetto alla base;
- l'amplificazione alla sommità del rilievo è condizionata dalle sue caratteristiche geometriche, in quanto si verificano fenomeni di focalizzazione quando la lunghezza dell'onda incidente  $\lambda$  è comparabile con la semilarghezza  $L$  della base del rilievo, ed in particolare l'amplificazione in sommità è maggiore quanto maggiore è il fattore di forma  $H/L$ , dove  $H$  è l'altezza del rilievo;
- lungo i fianchi di un rilievo topografico si producono rapide variazioni del moto, sia in ampiezza sia in contenuto di frequenza, a causa dell'interazione tra onde incidenti ed onde diffratte, che possono produrre marcati movimenti differenziali.

Sulla base di queste considerazioni emerge che gli effetti d'amplificazione del moto sismico legati alla topografia devono **essere tenuti presenti nella progettazione antisismica di una struttura localizzata sia in prossimità della sommità di un rilievo che lungo i fianchi.**

Anche la nuova normativa sismica italiana O.P.C.M. n. 3274/03, per la definizione dello spettro di risposta locale tiene conto degli effetti morfologici incrementando lo spettro di un fattore ulteriore, detto fattore di amplificazione topografica. In particolare nell'Allegato 4, al punto 2.2 la normativa sottolinea che “per strutture importanti erette sopra o in vicinanza di pendii con inclinazione  $> 15^\circ$  e dislivello superiore a circa 30 m **dovrà essere incrementata l'azione sismica di progetto  $S_{ag}$ , nell'espressione per il calcolo della risultante orizzontale delle forze d'inerzia applicate al baricentro della massa potenzialmente instabile, moltiplicandola per un coefficiente di amplificazione topografica  $ST$ ”.**

Le Nuove Norme Tecniche del D.M. 2008, per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, citano di utilizzare i valori del coefficiente topografico  $ST$  riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento (**vedi figura n.97**).

**Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche**

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

**Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

**Figura 97**

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove  $S_T$  assume valore unitario.

## **8. CARTE TEMATICHE**

Ai sensi della Legge Regionale n.9/83 sono state redatte, attraverso un dettagliato rilevamento geologico, geomorfologico ed idrogeologico di superficie in scala 1:5.000, le seguenti carte tematiche:

- carta geolitologica (vedi tav.n.12/13 QC2.01.2a-2b);
- carta delle sezioni geologiche (vedi tav.n. 14 QC2.01.3);
- carta geomorfologia (vedi tav.n. 15/16 QC2.01.4a-4b);
- carta delle pendenze (vedi tav.n. 17/18 QC2.01.5a-5b);
- carta idrogeologica (vedi tav.n. 19/20 QC2.01.6a-6b);
- carta della stabilità (vedi tav.n.21/22 QC2.01.7a-7b);
- carta idro-geo-lito-morfologica (vedi tav.n. 23/24 QC2.01.8a-8b);
- carta della microzonazione sismica (vedi tav.n.25/26 QC2.01.9a-9b);
- carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica LIVELLO 1 (vedi tav.n.27/28 QC2.01.10a-10b).

### **8.1 CARTA GEOLITOLOGICA (vedi tav.n.12/13 QC2.01.2a-2b)**

Il Rilevamento geolitologico di superficie, eseguito su base topografica 1:5.000, ha interessato l'intero territorio comunale di Palomonte. Tale rilevamento ha consentito di redigere la carta Geolitologica illustrata nelle tavole 12/13 QC2.01.2a-2b allegate dalle quali si possono evincere i vari complessi litologici che caratterizzano il territorio del comune di Palomonte che sono di seguito dettagliati:

1. **Depositi lacustri** dati da Argille, limo e limo-argilloso, terre nere, sabbia e ciottoli; tali depositi affiorano nella zona Lago di Palo posto a Nord Ovest del territorio comunale;
2. **Depositi fluviali** dati da Limo-sabbioso, sabbia, ciottoli che affiorano lungo le aste torrentizie al limite comunale a sud e a ovest;
3. **Detrito di falda e breccie di pendio cementate** costituito da detriti calcarei cementati e a luoghi ricoperti da depositi sciolti di modesto spessore; tali complessi affiorano alle falde a ovest del rilievo calcareo di Palomonte Capoluogo e alle falde sud del rilievo calcareo di Monte Magno;
4. **Detrito di falda sciolto** costituito da fasce più o meno ampie ai piedi dei rilievi calcarei in particolare dei rilievi calcarei di Palomonte Capoluogo e Serra Monte Tre Croci, d'elementi calcarei con intercalazioni di sabbia e limo; è presente un grande affioramento costituente la grande conoide detritica a nord del comprensorio comunale alla base del Monte Ognà costituita da livelli ciottolosi;

5. **Marne argillose e depositi lacustri** costituiti da marne argillose e limi di colore bruno con livelli di sabbia e ciottoli che affiorano nella zona tra le Frazioni di Filette e Perrazze;
6. **Deposit** palustri costituiti da torba e materiale argilloso e sabbioso ricoperti da detrito calcareo sciolto i quali affiorano alla base della collina di Palomonte in zona Lagostella;
7. **Travertino** dato da strati fino ad un metro di spessore di travertino compatto, poroso e terroso, con intercalazioni di sabbie e argille; a luoghi prevalgono i sedimenti sabbiosi di colore giallo e affiorano nelle località Stanfola, Mazzocca e Formato Stinco;
8. **Conglomerati poligenici** costituiti da elementi calcarei arrotondati con diametro fino a circa 30 cm in matrice sabbiosa, poco cementati con intercalazioni di sottili livelli argillosi che affiorano alle località Piano dell’Olmo, Falascone, Piano Liusci, Difesa e Bivio;
9. **Complesso calcareo-marnoso-arenaceo** costituito da alternanze di calcari marnosi, marne, arenarie quarzose-micacee e materiale argilloso; a luoghi si presenta stratificato e affiora alle località Cannesecche, Pantaglione, Bosco Borriello, Vonghia, Braida, Temponi e Eliceto;
10. **Complesso degli argillocisti varicolori** costituito da argille e marnocisti varicolori con inclusione di strati e blocchi di calcari, calcari marnosi e arenarie quarzose. Affiorano alle località Vonghia, Carrara, Salici, Fontana, Maramangolo, Scorzo e Pezzelle;
11. **Marne e arenarie**. Alternanza di marne e arenarie stratificate e fratturate che affiorano alla zona Lago-Scorzo e **Arenarie quarzose** in banchi e strati con intercalazioni di marne calcaree e argille che affiorano nelle Frazioni Ferrari e Salici;
12. **Calcari e calcari dolomitici** di colore avana in banchi e strati, fratturati e carnificati che costituiscono i rilievi del territorio comunale. Affiorano alle loc. Pezzelle, S.Pietro, Monte Tre Croci, Luceta, S. Nicola, Nuvola, Monte Magno, Monte di Pruno e la collina su cui sorge l’abitato di Palomonte.

## 8.2 SEZIONI GEOLOGICHE (vedi tav.n. 14 QC2.01.3)

Al fine di illustrare le strutture geologiche e le sequenze stratigrafiche presenti sull’area del comprensorio comunale di Palomonte, sono state tracciate quattro sezioni geologiche in scala **1:5.000** (vedi tav.n. 12/13 QC2.01.2a-2b) e illustrate nella **tavola n.14 QC2.01.3** allegata.

Dalle quattro sezioni geologiche eseguite **denominate A-A’(andamento est-ovest), B-B’ (andamento nord-sud), C-C’ (andamento est-ovest) e D-D’ (andamento nord-sud)**, si evincono chiaramente i rapporti geometrici tra i vari terreni affioranti nel comune di Palomonte.

### 8.3 CARTA GEOMORFOLOGICA (vedi tav.n. 15/16 QC2.01.4a-4b)

L'analisi geomorfologia del comprensorio comunale di Palomonte si è basata su rilevamenti diretti in campagna e ha consentito il riconoscimento delle forme del rilievo più significative.

Tali forme, sono state raggruppate secondo i processi morfogenetici prevalenti e riportati nella carta geomorfologia illustrata nella tavola **tav.n. 15/16 QC2.01.4a-4b** allegata.

Le forme individuate possono essere suddivise secondo il seguente schema:

- **FORME DI ORIGINE CARSICA:** tra questo tipo di forme sono state riconosciute ed evidenziate due doline poste a nord del comprensorio comunale;
- **FORME ANTROPICHE:** sono state evidenziate le cave, i corpi di fabbrica principali, strade asfaltate e non, muri di contenimento in cemento e a secco;
- **FORME LEGATE E PROCESSI FLUVIALI E ANTROPICI:** sono state evidenziate le principali scarpate fluviali e tagli stradali, scarpate fluviali, aree con diffuso ruscellamento superficiale diffuso, aree caratterizzate da calanchi e maggiormente interessate da fenomeni di erosione incanalata;
- **RISORSE IDRICHE:** sono stati censiti tutti i pozzi e le sorgenti;
- **ELEMENTI IDROGRAFICI:** è stato evidenziato tutto il reticolo idrografico, gli spartiacque superficiali e l'area dell'antico Lago di Palo;
- **FORME LEGATE PREVALENTEMENTE A PROCESSI GRAVITATIVI:** tra queste forme del rilievo acquistano un particolare significato morfoevolutivo **i fenomeni franosi**. Sono state pertanto individuate sull'elaborato i corpi di frana recenti di tipo scorrimento e colata; molto importante dal punto di vista della pericolosità, e pertanto da tenere in debito conto, è l'area interessata da fenomeni di distacco di blocchi e massi lapidei con conseguente rotolio verso valle. Le aree interessate da tali fenomeni sono i versanti nord e ovest a forti pendenze del rilievo calcareo su cui sorge l'abitato di Palomonte. Inoltre nella carta è stata anche evidenziata la conoide di deiezione detritica a nord del comune alle falde del Monte Ognà.

#### 8.4 CARTA DELLE PENDENZE (vedi tav.n. 17/18 QC2.01.5a-5b)

Al fine di analizzare la stabilità dell'area si è tenuto conto del parametro della pendenza ai sensi dell'art.12 della L.R.9/83. A tal fine sono state identificate aree con pendenze comprese entro limiti definiti (**classi di pendenza**) che possono costituire elemento discriminante nei confronti della stabilità.

La carta delle pendenze è stata redatta grazie all'utilizzo del software ArcGis della ESRI, dove in maniera automatica, una volta stabilite le classi di pendenze, tramite operazioni di interpolazione, si hanno i risultati di cui in elaborato. **Le classi di pendenze scelte sono le seguenti:**

**I classe: pendenze  $0^{\circ}+15^{\circ}$**

**II classe: pendenze  $15^{\circ}+20^{\circ}$**

**III classe: pendenze  $20^{\circ}+25^{\circ}$**

**IV classe: pendenze  $25^{\circ}+30^{\circ}$**

**V classe: pendenze  $\geq 30^{\circ}$**

Questi intervalli di pendenza scaturiscono da alcune sezioni topografiche che sono state tracciate lungo varie direzioni attraversando tutto il territorio comunale di Palomonte, nonché da considerazioni morfologiche che prendono le mosse soprattutto dall'analisi dei dissesti rilevati.

In merito a questo ultimo aspetto si evidenzia come i dissesti rilevati sul territorio comunale, ovvero quelli che derivano da evidenti condizioni strutturali dei versanti e dalle litologie che lì affiorano, devono essere considerati i fenomeni da crollo lungo le pareti sub-verticali, tra l'altro questi, conferiscono alle aree anche se poco urbanizzate sottostanti particolari condizioni di rischio.

Con la scelta degli intervalli di cui sopra, in particolare per quelli  $\geq 30^{\circ}$ , automaticamente si ricomprendono, per una valutazione delle casistiche fatte, contestualmente alla redazione della carta geomorfologica, le aree di distacco dei blocchi calcarei (intervallo  $\geq 30^{\circ}$ ) e quelle di transito (intervallo  $25^{\circ}/30^{\circ}$ ).

Si può notare, quindi, dalla consultazione dell'elaborato, che fronti rocciosi calcarei, presenti soprattutto nell'area del centro storico, hanno elevate pendenze, e sono soggetti a fenomeni da crollo.

Infine, si ricorda che la carta è stata realizzata con un sistema automatico, pertanto le interpolazioni, presentano delle imperfezioni che scaturiscono dalla densità dei dati; le stesse imperfezioni sono state poi corrette durante l'operazione di sovrapposizione della carta geomorfologica con quella geolitologica e delle pendenze, per la stesura dell'elaborato denominato **“carta della stabilità” illustrato in tavola n.21/22 QC2.01.7a-7b.**



### 8.5 CARTA IDROGEOLOGICA (vedi tav.n. 19/20 QC2.01.6a-6b)

Il Rilevamento idrogeologico di superficie, eseguito su base topografica 1:5.000, è stato esteso sull'intero territorio comunale al fine di poter disporre di un quadro circa le caratteristiche di permeabilità dei terreni presenti; inoltre sono state censite **le sorgenti e i pozzi** presenti sul territorio.

Nel corso del rilevamento, quindi, sono stati riscontrati i seguenti complessi idrogeologici:

- **Complesso carbonatico: *Permeabilità alta per fratturazione e carsismo;***
- **Complesso del detrito di falde e breccie di pendio: *Permeabilità alta per porosità e carsismo;***
- **Complesso del detrito di falda sciolto: *Permeabilità media;***
- **Complesso conglomeratico: *Permeabilità medio-alta;***
- **Complesso alluvionale - depositi lacustri - arenarie quarzose - marne argillose: *Permeabilità medio-bassa;***
- **Complesso dei travertini: *Permeabilità variabile da alta a bassa;***
- **Complesso dei depositi lacustri: *Permeabilità bassa;***
- **Complesso dei calcari marnosi e argille varicolori: *Impermeabile;***

## 8.6 CARTA DELLA STABILITA' (vedi tav.n.21/22 QC2.01.7a-7b)

Al fine di individuare le aree a diversa *stabilità del suolo* presente sul territorio del comune di Palomonte, sono stati analizzati gli elementi che la influenzano e la determinano; tali elementi sono: la LITOLOGIA, LA GEOMORFOLOGIA, L'ERODIBILITA' e la PERMEABILITA' dei litotipi in relazione alla circolazione idrica.

Si è giunti quindi all'elaborazione di una carta attraverso la sovrapposizione e la combinazione dei suddetti fattori allo scopo di essere utilizzata per una classificazione dei vari gradi di sicurezza offerti dai terreni in funzione della realizzazione di qualsiasi opera o manufatto.

Il comprensorio comunale di Palomonte è stato, quindi, **suddiviso in sei CLASSI DI INSTABILITA'** la cui distribuzione resta evidentemente indicativa in quanto localmente possono essere presenti condizioni particolari in grado di migliorare o peggiorare la CLASSE DI INSTABILITA' indicata.

Le classi di instabilità individuate, pertanto, sono di seguito descritte:

- **CLASSE “MASSIMA”**: in tali aree sono state racchiuse quelle porzioni di territorio che presentano *fenomeni franosi antichi e recenti*. In queste aree sono sconsigliabili nuove edificazioni senza preventive e puntuali indagini di carattere geomorfologico e geotecnico atte alla verifica della compatibilità delle ipotesi di progetto con la idoneità del sito nonché individuare e progettare idonee opere di sistemazione idraulica e idrogeologica; sono consigliabili puntuali studi di valutazione di stabilità dei versanti e verifiche di possibili cadute di blocchi lapidei;

- **CLASSE “FORTE”**: in tali aree sono state racchiuse quelle porzioni di territorio che presentano *fenomeni franosi antichi e a forte pendenza con distacchi di blocchi lapidei*. In queste aree, come la classe “massima”, sono sconsigliabili nuove edificazioni senza preventive e puntuali studi geomorfologici atti alla verifica della compatibilità delle ipotesi di progetto con la idoneità del sito pertanto anche in questo caso sono consigliabili puntuali studi di valutazione di stabilità dei versanti e verifiche di possibili cadute di blocchi lapidei; in questa classe è stata inserita anche un'area, ubicata a nord-est del territorio, nella zona pedemontana che degrada verso il Lago di Palo, in cui processi di intensa erosione hanno portato ad instaurare sulle argille fenomeni di *erosione calanchiva* in cui, anche in questo caso, sono sconsigliabili nuove edificazioni senza preventive e puntuali studi geomorfologici.

- **CLASSE “MEDIO-ALTA”**: sono quelle aree soggette a forte erosione lineare e di sponda operata dai corsi d'acqua, lungo le aste torrentizie, che non hanno ancora raggiunto un profilo di equilibrio; tali fenomeni sono anche molto recenti e presenti lungo l'asta del Fiume Vonghia.

La progettazione di nuove opere dovrà sempre essere preceduta dalla verifica della debita distanza dalle situazioni di rischio create dalla forte erosione;

- **CLASSE “MEDIA”**: sono quelle aree argillose di possibili alimentazione di fenomeni franosi. I terreni sono costituiti da litotipi con condizioni giaciture precarie e caratteristiche geotecniche scadenti.

È bene tenere in debito conto come particolari situazioni locali possono essere causa di limitati dissesti dati da frane del tipo “**scorrimenti rotazionali terminanti in colate**” . La progettazione di nuove opere dovrà sempre essere preceduta dalla verifica dello stato di alterazione, conservazione del substrato, la giacitura delle formazioni geologiche affioranti e delle caratteristiche geotecniche dei terreni fondali;

- **CLASSE “LIMITATA”**: sono quelle aree in cui i terreni sono costituiti da litotipi con caratteristiche geotecniche scadenti. La progettazione di nuove opere è sconsigliabile, in ogni caso dovrà sempre essere preceduta dalla verifica dello stato di alterazione, conservazione del substrato, giacitura delle formazioni geologiche affioranti e delle caratteristiche geotecniche dei terreni fondali;

- **AREE POTENZIALMENTE INSTABILI**: in tali aree rientrano le aree soggette a forte erosione superficiale, forti pendenze e fenomeni franosi; queste aree, anche se non presentano allo stato fenomeni di instabilità in atto, presentano un più o meno alto rischio al dissesto. Per tale motivazione, in queste aree è da sconsigliare l’insediamento urbanistico senza preventive e puntuali indagini di carattere geomorfologico e geotecnico atte alla verifica della compatibilità delle ipotesi di progetto con la idoneità del sito nonché individuare e progettare idonee opere di sistemazione idraulica e idrogeologica;

- **SITUAZIONE STABILE**: in queste aree non sono stati rilevati fenomeni di instabilità ma comunque la progettazione di nuove opere dovrà sempre essere preceduta dalla verifica dello stato di alterazione e di conservazione del substrato piano fondale e da verifiche locali di stabilità dei versanti in particolare sotto l’aspetto delle condizioni di giacitura.

## **8.7 CARTA IDRO-GEO-LITO-MORFOLOGICA (vedi tav.n. 23/24 QC2.01.8a-8b)**

Ai sensi della Deliberazione n. 834 dell’11.05.2007 della REGIONE CAMPANIA *Norme tecniche e direttive riguardanti gli elaborati da allegare agli strumenti di pianificazione*

*territoriale ed urbanistica, generale ed attuativa, come previsto dagli artt. 6 e 30 della legge regionale n. 16 del 22 dicembre 2004 "Norme sul governo del territorio"* è stata elaborata la **carta idro-geo-lito-morfologica**.

Tale carta è stata elaborata al fine di racchiudere e illustrare insieme i lineamenti lito-geologici, idrogeologici e geomorfologici presenti su tutto il territorio del Comune di Palomonte.

### **8.8 CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA (vedi tav.n.25/26 QC2.01.9a-9b)**

La Microzonazione sismica eseguita tiene conto di quanto previsto dalla legge regionale 9/83, relativamente alla programmazione ed all'uso del territorio e della più recente normativa della Regione Campania (*Delibera n. 5447 G. R. Campania del 7/11/2002; Delibera n. 248 G. R. Campania del 24/01/2003; Delibera n. 334 G. R. Campania del 31/01/2003; Delibera n°816 G. R. Campania del 10-6-2004*) riguardante la zonazione del territorio in prospettiva sismica, ma è anche riferita a quanto previsto dalla Ordinanza 3274 e dalle N.T.C. del D.M. gennaio 2008 relativamente alle costruzioni ed ai relativi siti.

Nell'ambito del territorio comunale di Palomonte, sulla base delle specifiche indagini eseguite, sono state quindi individuate tutte quelle situazioni geologiche, geotecniche e principalmente geosismiche che potrebbero portare ad un'insieme di modifiche del moto sismico con particolari variazioni locali e modulate attraverso la carta tematica di sintesi denominata "**carta della microzonazione sismica**".

Tale carta, alla luce di quanto detto, consente di valutare a larga scala, nell'ambito del territorio comunale di Palomonte, le variazioni dell'Accelerazione Sismica di progetto.

Per quanto riguarda specificamente gli aspetti geosismici, il parametro fisico più significativo e contemporaneamente facilmente misurabile è il Modulo di Taglio dinamico (**G**), ovvero la Velocità delle onde sismiche trasversali (**Vs**) ( $Vs = \sqrt{G/\text{densità}}$ ), che caratterizza il pacco di terreno più superficiale. Pertanto, **attraverso la cartografia della litologia superficiale e la determinazione sperimentale delle Vs, è stato possibile individuare varie zone nell'ambito di tutto il territorio Comunale di Palomonte.**

In riferimento a quanto indicato dall'O.P.C.M. 3274 e dal D.M. gennaio 2008, le varie Microzone sono state caratterizzate mediante la determinazione degli spessori dei terreni superficiali e delle **velocità Vs** ad essi attribuite attraverso il valore relativo ai primi 30 metri di sottosuolo, definendo così una "**Categoria di suolo media**" della Microzona.

Nella delimitazione delle aree si è tenuto conto, peraltro, delle caratteristiche e dei **limiti della litologia affiorante**, così come risulta dalla Carta Geolitologica redatta del territorio comunale.

Quindi il territorio è stato suddiviso in aree omogenee dal punto di vista della “Vs30”, valore inteso come media ponderale della velocità delle onde sismiche per i primi 30m (punto 3.1 ordinanza 3274, Normativa sismica Edifici).

Successivamente, in base a detti valori di Velocità sismica Vs30, è stata redatta la carta di microzonazione sismica nella quale sono indicati i fattori di incremento da applicare, nelle varie Microzone individuate, all’accelerazione sismica relativa allo spettro elastico di ancoraggio, così come previsto dal punto 3.2.1 della stessa normativa.

Le differenze tra le varie Microzone individuate sono quindi da intendere come differenze, oltre che nella composizione spettrale, anche dell’accelerazione massima caratterizzante le varie Categorie di suolo individuate, rispetto a quella su suolo rigido ovvero di Categoria A (Formazioni litoidi o Rigide con  $Vs30 \geq 800\text{m/s}$ ), assegnata al Comune con la nuova classificazione sismica.

Come anche previsto nei Criteri di cui all’OPCM 3274 (Art 2. comma h), questa suddivisione in Microzone tiene conto delle differenti caratteristiche geolitologiche, geosismiche e geotecniche caratterizzanti in media gli affioramenti e le stratigrafie arealmente significative esistenti nel territorio comunale.

I valori di incremento assegnati alle varie Microzone considerano quindi soltanto i fattori di incremento del livello massimo raggiunto dallo spettro elastico relativo alle varie Categorie di suolo, rispetto a quello riferito alla Categoria di suolo A. **Pertanto non si vuole qui definire la specifica forma spettrale che caratterizza i vari siti** (cosa che si farà successivamente in sede di valutazione della Risposta Sismica di Sito), **ma solo dare una valutazione generale del livello massimo dell’amplificazione dell’evento sismico che si avrà nelle varie zone individuate rispetto a quello che si avrà nelle aree dove affiora il basamento o in ogni caso affiori un mezzo rigido.**

Sulla base di tali considerazioni nella carta redatta si distingueranno:

- **Categoria di suolo;**
- **Fattore d’incremento stratigrafico e topografico.**

In zona non sono stati individuati in questa fase di studio, a carattere generale, sottosuoli complessi o particolari (Categorie S1 o S2).

Per la determinazione della Vs30 sono stati utilizzati i valori delle velocità Vs determinati sperimentalmente in sito mediante l’esecuzione delle prospezioni sismiche MASW eseguite (**vedi paragrafo 6.4**).

## 8.9 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA livello 1 (vedi tav.n.27/28 QC2.01.10a-10b)

Dato il particolare contesto morfologico esistente in tutto il comprensorio comunale di Palomonte rappresentato da superfici irregolari costituito sia da aree tipicamente collinari che da aree a forti pendenza, caratterizzate da fenomeni di erosioni significativi, sia incanalati che diffusi, si è deciso di redigere una *carta di zonizzazione del territorio* ottemperando agli “*Indirizzi e criteri per la MICROZONAZIONE SISMICA*” PARTE I-II, Conferenza delle Regioni e delle Province autonome Presidenza del Consiglio dei Dipartimenti della Protezione Civile Commissione Protezione Civile Sottocommissione 8 Attuazione della normativa sismica, sett. 2008.

I suddetti indirizzi propongono, in funzione dei diversi contesti, che gli studi di Microzonazione Sismica vengano effettuati a vari livelli di approfondimento, passando da un livello 1 fino al livello 3:

“• *il livello 1 è un livello propedeutico ai veri e propri studi di MS , in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee rispetto alle fenomenologie sopra descritte;*

• *il livello 2 introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee, utilizzando allo scopo ulteriori e mirate indagini, ove necessarie, e definisce la Carta di micro zonazione sismica;*

• *il livello 3 restituisce una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari.”*

### 6.9.1 LIVELLO 1 – carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

È stato possibile, redigere la “**carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica – livello 1**” nella quale si individuano le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e della valutazione dei dati litostratigrafici (ottenuti da rilievi di campagna e dalle indagini eseguite), è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica come **amplificazioni, instabilità di versante e liquefazione**.

Le informazioni e i dati utilizzati sono stati:

- **carta delle indagini (tav. n.1);**
- **carte geologiche e geomorfologiche (tav. n.2 e n.4);**
- **logs litostratigrafici dedotti da dati di sondaggio eseguiti;**
- **sezioni geolitologiche costruite con dati dedotti;**
- **carte di dissesto idrogeologico (Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino).**

In particolare la caratterizzazione tecnica e geomeccanica dei terreni è stata eseguita sulla base delle risultanze delle indagini geognostiche e di laboratorio condotte e distribuite nell'ambito dell'intero comprensorio comunale privilegiando le aree di interesse urbanistico.



**Le microzone della carta sono state classificate in due categorie:**

**A) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale.

Queste sono le zone dove sono presenti terreni di copertura e coltri di alterazioni del substrato.

Le litologie assimilate a quelle presenti sul territorio sono:

- **litologia S1/S2** caratterizzato da argille limose con spessore medio 7m sovrastanti argille limo-sabbiose spinte fino a -30m dal p.c.;
- **litologia S3/S4** caratterizzato da argille limose consistenti con spessore medio 4m sovrastanti argille grigio-azzurre molto consistenti spinte fino a -30m dal p.c.;
- **litologia K1** caratterizzato da roccia calcarea fratturata con  $J_v > 10-15$ ;

Accanto ad ogni litologia è stato riportato lo **spessore medio** più rappresentativo del litotipo e i parametri geomeccanici come **l'angolo di attrito, la coesione e l'indice dei vuoti (per le sabbie argillose e le argille) e il paramatro  $J_v$  (per la roccia calcarea).**

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

**Le zone evidenziate identificano tre categorie di effetti deformativi:**

- **INSTABILITA' DI VERSANTE** distinte per tipo di frana e attività:
  1. **frane per crollo o ribaltamento attive;**
  2. **frane per scorrimento evolventi in colate quiescenti;**
- **LIQUEFAZIONE DI TERRENI** date da aree con terreni sabbiosi, sabbioso-limosi o sabbioso ghiaiosi;
- **FAGLIE ATTIVE E CAPACI** date da faglie dirette.

## 9. CONCLUSIONI

La “**Caratterizzazione Geologica-Tecnica e Geosismica**” dell’intero territorio del Comune di Palomonte, derivante dalle prove geologico-tecniche e sismiche eseguite in sito e dal rilevamento geologico di superficie, **può così individuarsi:**

- **dal punto di vista geomorfologico sono state individuate su tutto il comprensorio comunale (vedi tavola n.29 QC2.01.11 CARTA CON FOTO DEI DISSESTI):**

- ❖ **A - forme legate a processi denudazionali** dati da movimenti franosi riconducibili a due tipologie di movimento: **crolli in roccia, colate e scorrimenti rotazionali di argille**. A tale proposito, e dato che la maggiore parte dei dissesti non sono di facile consolidamento e bonifica, è opportuno e necessario adottare un monitoraggio di tipo meteorologico locale e controlli strumentali almeno delle frane quiescenti.

È consigliabile, inoltre, prevedere una efficace progettazione di opere di stabilizzazione e consolidamento già presenti sul territorio come reti e barriere paramassi per i costoni in roccia e bonifiche idrauliche date da regimentazioni delle acque superficiali per i versanti con copertura argillosa.

Opere di mitigazione sicuramente efficaci dovranno essere previste di tipo strutturale per le situazioni dei crolli lapidei dei costoni rocciosi mentre sui versanti con copertura argillosa potranno anche essere ipotizzate nuove opere dettate dalle Tecniche dell’Ingegneria Idraulica e Naturalistica. Il tutto supportato da puntuali indagini di carattere geomorfologico e geotecnico atte alla verifica della compatibilità delle ipotesi di progetto con la idoneità del sito.

- ❖ **B - processi fluviali**, come valloni in erosione e fossi in approfondimento. A tale proposito i tipi di dissesti presenti corrispondono a **erosioni di sponda lungo le aste torrentizie che non hanno ancora raggiunto un profilo di equilibrio e a conseguenti colate di materiale argilloso**. Per evitare l’innesto di tali dissesti, che potrebbero verificarsi lungo i principali valloni e aste fluviali presenti sul territorio comunale, dovranno essere necessari, a mezzo appropriati studi idraulici, interventi anche periodici dati da:

1. rimozione di depositi che riducono le sezioni idrauliche al fine di eliminare ostacoli al normale deflusso delle acque di piena;
2. tagli di vegetazioni;
3. opere di ripristino delle sponde fluviali a mezzo anche gabbionate;
4. opere idrauliche date da briglie selettive o vasche di sedimentazione.

- **sotto l'aspetto orografico** si riscontrano pendenze dai 20° fino anche superiori al 45° nel settore centrale-orientale in corrispondenza dei rilievi calcarei su cui giace il centro storico di Palomonte, mentre tutto intorno, nel settore occidentale e meridionale, si riscontrano valori da  $\leq 25^\circ$ ;
  
- **dal punto di vista stratigrafico**, su tutto il territorio comunale sono stati rinvenuti essenzialmente i seguenti tipi litologici:
  1. Depositi lacustri dati da Argille, limo e limo-argilloso, terre nere, sabbia e ciottoli che affiorano nella zona Lago di Palo;
  2. Depositi fluviali dati da Limo-sabbioso, sabbia, ciottoli che affiorano lungo le aste torrentizie;
  3. Detrito di falda e brecce di pendio cementate e sciolti costituito da detriti calcarei cementati che affiorano alle falde dei rilievi calcarei;
  4. Marne argillose e depositi lacustri costituiti da marne argillose e limi di colore bruno con livelli di sabbia e ciottoli che affiorano nella zona tra le Frazioni di Filette e Perrazze;
  5. Travertino compatto, poroso e terroso, con intercalazioni di sabbie e argille affiorante nelle località Stanfola, Mazzocca e Formato Stinco;
  6. Conglomerati poligenici costituiti da elementi calcarei arrotondati in matrice sabbiosa, poco cementati che affiorano alle località Piano dell'Olmo, Falascone, Piano Liusci, Difesa e Bivio;
  7. Complesso calcareo-marnoso-arenaceo costituito da alternanze di calcari marnosi, marne, arenarie quarzose-micacee e materiale argilloso che affiora alle località Cannesecche, Pantaglione, Bosco Borriello, Vonghia, Braida, Temponi e Eliceto;
  8. Complesso degli argilloscisti varicolori costituito da argille e marnoscisti varicolori con inclusione di strati e blocchi di calcari, calcari marnosi e arenarie quarzose. Affiorano alle località Vonghia, Carrara, Salici, Fontana, Maramangolo, Scorzo e Pezzelle;
  9. Calcari e calcari dolomitici che costituiscono i rilievi del territorio comunale. Affiorano alle loc. Pezzelle, S.Pietro, Monte Tre Croci, Luceta, S. Nicola, Nuvola, Monte Magno, Monte di Pruno e la collina su cui sorge l'abitato di Palomonte.

- **sotto l'aspetto geotecnico**, sulla base dell'esame dei dati geologico-tecnici raccolti dall'indagine condotta in sito ed in laboratorio, è stato possibile redigere sezioni geotecniche, nelle quali si evidenziano i comportamenti dei singoli litotipi, raggruppati, per quanto possibile, in funzione delle loro peculiari caratteristiche.

Sono stati quindi individuati **n.2 orizzonti geotecnici principali** di cui si riportano di seguito le principali caratteristiche geotecniche:

GRUPPI LITOLOGICI	PESO DI VOLUME	UMIDITA' %	ANGOLO DI ATTRITO INTERNO $\Phi$	POROSITA' d	PESO SPECIFICO DEI GRANULI
<b>Argilla limo sabbiosa</b>	19,9 kN/mc	16,6	25,05°	31,4%	2,54
<b>Argilla limosa - Limo argilloso</b>	20 kN/mc	17,35	23,7°	32%	2,55

- **sotto l'aspetto sismico**, come dettagliato nel capitolo 7, i terreni sono stati raggruppati a seconda delle interconnessioni tra l'orizzonte profondo ed i materiali sovrastanti e come conseguenza di tale impostazione ne sono derivati tre gruppi principali:
  - **MICROZONA con Fattore di Amplificazione Stratigrafica  $S_s = 1$  e Categoria di Suolo secondo il D.M. 14.01.2008 TIPO A.**
  - **MICROZONA con Fattore di Amplificazione Stratigrafica  $S_s = 1,2$  e Categoria di Suolo secondo il D.M. 14.01.2008 TIPO B.**
  - **MICROZONA con Fattore di Amplificazione Stratigrafica  $S_s = 1,5$  e Categoria di Suolo secondo il D.M. 14.01.2008 TIPO C.**

È importante fare presente che l'area della cresta del rilievo calcareo su cui si erge il centro storico di Palomonte, per la definizione dello spettro di risposta locale per opere strutturali, dovrà essere incrementata l'azione sismica di progetto moltiplicandola per un coefficiente di amplificazione topografica ST massimo pari a 1,4.

E' fondamentale ribadire che, nello spirito della Normativa Vigente, la metodologia utilizzata per la Microzonazione Sismica e cioè la suddivisione del territorio Comunale in sottozone a risposta sismica relativamente omogenea, **rappresenta una zonazione sismica a carattere generale, a livello cioè di pianificazione del territorio comunale e non rappresenta una possibile identificazione delle categorie di terreno specifiche di uno determinato sito.**

I valori di Vs30 individuati nei vari punti stazione sono infatti mediati, nelle diverse aree omogenee individuate sulla base della litologia affiorante e possono solo essere rappresentativi di situazioni **generali e non particolari.**

Nel dettaglio delle **single costruzioni** è quindi necessaria, per valutare le modifiche dell'impulso sismico provocate dal terreno, **una parametrizzazione geometrica, geolitologica e geosismica, del sottosuolo specifico dell'area interessata**, che consenta una **valutazione corretta della Pericolosità Sismica del singolo sito di costruzione.**

A conclusione quindi di tutte le considerazioni sopra esposte si forniscono di seguito alcune indicazioni in ordine alla realizzazione di nuove costruzioni, precisando che gli studi geologici e geotecnici a corredo della progettazione, dovranno avere carattere puntuale, ed in ogni caso, dovranno far riferimento **alla normativa vigente e cogente.**

La Fase di indagini relative ai progetti esecutivi sarà quindi rivolta essenzialmente alla determinazione della **Risposta Sismica di Sito in corrispondenza della struttura in oggetto** e dovrà prevedere, in particolare, indagini di prospezioni geofisiche tese a determinare le caratteristiche sismiche del sottosuolo al fine di valutare l'eventualità di possibili fenomeni di amplificazione locale dell'intensità sismica, rispetto a quanto indicato dalla Microzonazione Sismica dello Strumento Urbanistico Generale.

Le indagini specifiche da prevedere saranno quindi prevalentemente finalizzate alla determinazione della giacitura e potenza degli strati nei siti scelti, fino ad una **profondità di 30 m** dal piano di posa delle fondazioni, ed alla caratterizzazione sismica dei terreni presenti, intesa come determinazione in particolare della Velocità **delle onde sismiche trasversali Vs** dei singoli sismostrati, con calcolo della media pesata per i primi 30 metri (Vs30) ed attribuzione alla categoria di suolo di cui alle NTC del D.M. gennaio 2008.

**Inoltre, in ottemperanza alle suddette Norme, per una corretta valutazione della risposta sismica locale sarà indispensabile calcolare gli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di ogni progetto.**

La valutazione della risposta sismica locale potrà essere effettuata secondo i dettami del D.M. del 14 gennaio 2008, tramite l'utilizzo del software sperimentale SPETTRI NTC 1.0.3 sviluppato a cura del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ed utilizzando le risultanze della prospezioni sismiche opportunamente da eseguire.

Gli spettri di risposta che si otterranno dovranno essere relativi agli **Stati Limite di Esercizio SLD** (Stato Limite di Danno) e **SLO** (Stato Limite di Operatività) e agli **Stati Limite Ultimi SLV** (Stato Limite di Salvaguardia della Vita) e **SLC** (Stato Limite di prevenzione del Collasso).

In un primo stadio quindi dovrà essere individuata **la pericolosità del sito sulla base dei risultati del progetto S1 dell'INGV** (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

In un secondo momento dovranno essere calcolati gli spettri di risposta elastici relativi alla strategia di progettazione (**Vita nominale della costruzione, Coefficiente d'uso della costruzione punto 2.4 NTC D.M. 2008 vedi figura n.98**) ed all'azione di progetto di riferimento (SLD-SLO e SLV-SLC).

**Tabella 2.4.I – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere**

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

**Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$**

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

**Figura 98**

Circa la regolamentazione edilizia del territorio, fermo restando che vanno rispettate le norme afferenti al D.M. 11.03.88, alla L.R. 7 gennaio 1983 n. 9 e alla L. 2.2.74 n.64, si ritiene opportuno che le Previsioni Urbanistiche tengano conto delle caratteristiche “Geomorfologiche e della Stabilità” del territorio illustrate nelle **tavole n.15/16 e 21/22 allegate**. In ogni caso come accenna l'art.11 – Strumenti urbanistici generali – della L.R. 9/83 **“le pianificazioni urbanistiche non possono prescindere dai risultati e dalle conclusioni, ovvero dalle zonizzazioni, previste dallo studio geologico – tecnico del territorio comunale”**.

In conclusione possiamo affermare che **le caratterizzazioni di tipo geologico, idrogeologico e geomorfologico dedotte dal nostro studio trovano pieno riscontro con quelle redatte dalla competente Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Sele nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico**.

Questo è quanto dovuto in merito all'incarico ricevuto.

Scafati, lì ottobre 2011

IL RELATORE  
Dr. Geologo Antonio TOSCANO



BIBLIOGRAFIA:

- 1) De Lorenzo G. Geologia dell'Italia Meridionale, 1937;
- 2) Selli R. *Sulla trasgressione del Miocene nell'Italia meridionale*, 1957;
- 3) Manfredini M., *Schema dell'evoluzione tettonica della penisola italiana*, 1963;
- 4) Pieri M, *Tentativo di ricostruzione paleogeografico strutturale dell'Italia centro-meridionale*, 1968;
- 5) Ognibren L., *Schema geologico introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano*, 1969;
- 6) D'Argenio, Pescatore, Scandone, *Schema geologico dell'Appennino Meridionale (Campania e Lucania)*, 1973;
- 7) D'Argenio, Scandone, *Structural Pattern of the Campania-Lucania Appennines*, 1970;
- 8) Sgrosso et alii, *Alcuni dati sulla possibile presenza di una quarta piattaforma carbonatica nell'Appennino centro meridionale*, 1983;
- 9) Sgrosso, *Criteri ed elementi per una ricostruzione paleogeografia delle zone esterne dell'Appennino centro meridionale*, 1986;
- 10) Mostardini, Merlini, *Nuovo modello strutturale dell'Appennini centro-meridionale*, 1986;
- 11) Pescatore, *La sedimentazione miocenica nell'Appennino Campano-Lucano*, 1988;
- 12) *Note illustrative della Carta geologica d'Italia Foglio 186 Angelo dei Lombardi*;
- 13) *Note illustrative della Carta geologica d'Italia Foglio 198 Eboli*;
- 14) Regione Emilia Romagna, *Guida per la realizzazione di una carta della stabilità dei versanti*, 1977;
- 15) Associazione geotecnica Italiana – *Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio 1994*;
- 16) Dr. Geol. Franco Ortolani, *Indagine geologico-tecnica e geognostica per la redazione del P.R.G. del comune di Palomonte*, Marzo 1988;
- 17) Dr. Geol. Palmiro Scalcione, **AGGIORNAMENTO INDAGINE GEOLOGICA PER LA REDAZIONE DEL P.R.G. del Comune di Palomonte**, sett. 2005;
- 18) **Indirizzi e criteri per la MICROZONAZIONE SISMICA PARTE I-II**, Conferenza delle Regioni e delle Province autonome Presidenza del Consiglio dei Dipartimento della protezione civile Commissione protezione civile Sottocommissione 8 Attuazione della normativa sismica, sett. 2008.