



COMUNE DI LAPIO

PROVINCIA DI AVELLINO



STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DEL PUC COMUNALE



I GEOLOGI:

Dott. Orazio COLUCCI (Geologo incaricato)

Prof. Dott. Giuseppe ROLANDI

Dott. Massimo DI LASCIO

Il Sindaco: Dott.ssa Maria Teresa LEPORE

Il RUP: Geom. Davide Rosario MODUGNO

ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICA

Data:

03/2022

Scala:

N° Allegato:

1

1_ Inquadramento geologico dell'Appennino meridionale	pag.3
2_ Inquadramento a scala locale dell'assetto geologico del territorio di Lapio	pag.9
3_ Caratteristiche tettoniche dell'area di studio	pag.14
4_ Caratteristiche idrogeologiche	pag.14
5_ Caratteristiche fisico-meccaniche e sismiche dei terreni	pag.16
6_ Caratteristiche sismogenetiche territoriali	pag.18
6.1_ L'area Irpina	pag.18
6.2 - Sismicità storica del territorio comunale di Lapio (Av)	pag.20
7_ Azione sismica	pag. 22
7.1_ Pericolosità sismica di base	pag. 22
7.2_ Parametri rappresentativi della sicurezza e dell'efficienza di una struttura	pag.24
7.3_ Pericolosità sismica di progetto	pag.27
7.4_ Valutazione dell'azione sismica	pag.28
8_ Distribuzione a scala territoriale dei valori della Vseq in rapporto al bedrock sismico	pag. 31
9_ La Stabilità Generale dell'area di studio	pag.33
Considerazioni conclusive	pag.34
Appendice 1	
Appendice 2	

Premesse

L'Amministrazione Comunale di Lapio (AV), dovendo redigere il Piano Urbanistico Comunale ed adeguarlo alle vigenti disposizioni di Legge (DPR 380, art. 89 con successive modifiche ed integrazioni, L.R. n. 9/83, L.R. 16/04), ha dato l'incarico allo scrivente, con procedura negoziata di cui alla determina del resp.le del settore tecnico n°312 del 02/11/2020, di redigere lo studio geologico del territorio in prospettiva sismica, in rapporto alle sue caratteristiche, geologiche geomorfologiche e geologico-tecniche dei terreni appartenenti alle varie Unità Formazionali presenti sul territorio. Si porta a conoscenza che per il comune di Lapio fu eseguito nel 1993 uno studio geologico-tecnico, per la redazione del Piano Regolatore (Dott. Geol. Nicola Polzone), per il quale furono realizzati 35 sondaggi a carotaggio continuo, spinti a profondità comprese tra 5 m e 20m. Si significa, inoltre, che sono stati acquisiti tutti gli studi geologici e geosismici eseguiti sul territorio comunale a supporto di opere pubbliche (Costruzione del Municipio e della Scuola e pianificazioni di Microzonazione Sismica di Livello 1). In relazione a quanto precede, è stata messa in atto una campagna d'indagini, tesa ad approfondire i seguenti aspetti:

- a) rilievo di dettaglio delle caratteristiche geologico-strutturali dell'area;
- b) rilievo geo- morfologico
- d) Sondaggi geognostici nelle aree di interesse progettuale, ad integrazione delle indagini pregresse;
- f) Prove di laboratorio su campioni rappresentativi;
- g) esecuzione di sondaggi indiretti per la definizione delle caratteristiche sismiche dei terreni.

E' stata eseguita una campagna d'indagini dirette ed indirette omogeneamente distribuite sul territorio del centro urbano e delle sue frazioni, consistita nella realizzazione di n°5 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti a profondità massime di 30 metri dal p.c., con prelievo di n°5 campioni indisturbati per la caratterizzazione geomeccanica dei litotipi e n° 5 prove sismiche tipo MASW. Tale campagna ha completato il già delineato quadro delle caratteristiche dinamiche dei terreni, come previsto dal T.U. sulle costruzioni in zona sismica. In particolare, le indagini geognostiche eseguite per il presente studio attenendosi alla vigente normativa, sono state ubicate in siti ritenuti geologicamente significativi, ovvero, disposti sul territorio con una distribuzione limitata alle principali aree di interesse urbanistico e produttive. Al tempo stesso, hanno avuto lo scopo di integrare le indagini esistenti, potendo contare su un insieme di 40 sondaggi che ha consentito di fornire, anche alla luce del recente studio CARG del foglio Avellino (scala 1:50.000), un quadro sufficientemente dettagliato della costituzione del sottosuolo dell'area comunale e quindi della sua modellazione geologico-tecnica, resa fruibile mediante la redazione della seguente cartografia ed allegati report di indagini:

- a) Carta geologica
- b) Carta geomorfologica
- c) Carta altimetrica
- d) Carta dell'acclività
- e) Carta della franosità
- f) Carta della stabilità
- g) Carta Ubicazione dei sondaggi

h) Carta delle zonazioni delle Categorie di sottosuolo e del bedrock sismico

i) Report delle indagini geologico-tecniche e sismiche

Tutti gli elaborati cartografici sono stati redatti a scala 1:5000. L'insieme degli elaborati cartografici è stato finalizzato all'acquisizione di indicazioni utili alla conoscenza delle caratteristiche dinamiche dei terreni, come previsto dal Testo Unico sulle costruzioni. Come è noto, la normativa ha comportato una sensibile variazione della filosofia delle verifiche ed ha introdotto il concetto di pericolosità sismica locale, con il quale è stata abbandonata la concezione del territorio italiano diviso in zone sismiche ed è stata formulata una completa zonizzazione mediante l'adozione di un reticolo i cui vertici sono dotati di caratteristiche puntuali di pericolosità sismica. Con le NTC 2018, infine, vengono precisati gli indici minimi di vulnerabilità sismica che dovranno essere raggiunti in caso di miglioramento degli immobili storici e di adeguamento degli edifici scolastici esistenti.

1_Inquadramento geologico dell'Appennino meridionale

L'Appennino meridionale è un segmento del sistema orogenico circum-Mediterraneo, orientato approssimativamente NW-SE. A nord-ovest, è separato dall'Appennino centrale dalla linea tettonica Ortona-Roccamonfina, mentre a sud-est la linea tettonica di Sangineto lo separa dall'arco Calabro-Peloritano (**Fig. 1,1**).

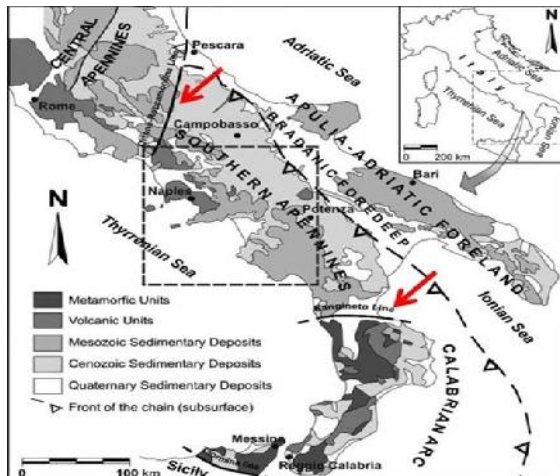


Fig.1.1- Appennino Meridionale
Le frecce indicano le linee tettoniche regionali che delimitano questa parte della catena (modif. da Bonardi et al 2009)

Per comprendere la formazione di questa catena a pieghe e sovrascorrimenti bisogna far riferimento alle vicende tettoniche risalenti a circa 100 milioni d'anni fa, allorché l'apertura dell'Oceano Atlantico settentrionale poneva fine all'espansione dell'oceano Neo-Tetide, mettendo in atto la compressione del continente africano verso quello euroasiatico e determinando in tal modo la subduzione della crosta oceanica interposta (**Fig. 1.2**). Il processo di subduzione verso Sud-Est di crosta oceanica ha portato alla formazione di gran parte della catena alpina Nord-vergente verso l'Europa. Questa fase si è conclusa nel tardo Eocene-Oligocene (**35- 30 Ma**), con il restringimento del dominio oceanico interposto tra le due placche. Successivamente, la storia deformativa è continuata attraverso la formazione della parte più recente della catena alpina, che si caratterizza per una doppia vergenza. Infatti, continuando la collisione tra le due placche e non potendo esserci più subduzione efficace verso Sud-Est, probabilmente per mancanza di un consistente contrasto di densità tra i due blocchi, si sviluppa il sistema sud-vergente delle Alpi meridionali (fase Sud-Alpina), che si svincola dal resto del sistema Europa vergente per l'attivazione di una linea tettonica di estensione ca. E-W, indica come **Linea Insubrica**

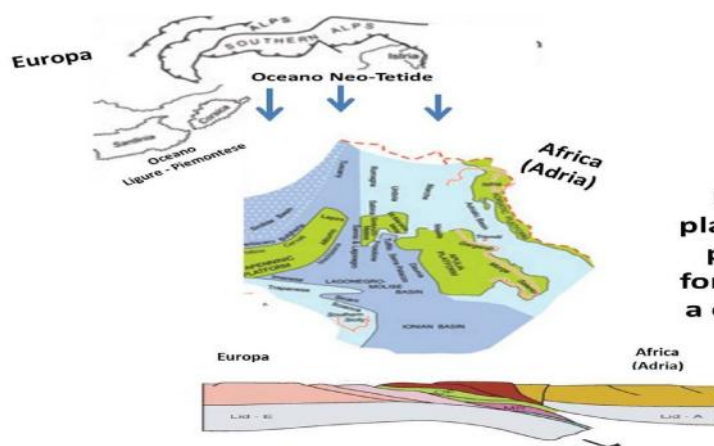


Fig. 1.2 - Subduzione della placca Europea al di sotto della placca Africana (Adria) con formazione delle catene alpine a doppia vergenza (35 -30 Ma)

Nel settore sud-occidentale, dove l'oceano Neo-Tetide assume il nome di oceano Ligure-Piemontese (**Fig. 1.2**), le Alpi si sono evolute secondo la paleogeografia mesozoica precedentemente descritta fino al tardo Eocene. Ed è proprio in questo settore che a partire dal tardo Eocene-Oligocene (**35- 30 Ma**) prende forma anche la strutturazione dell'orogene Appenninico mediante l'inversione del meccanismo di subduzione, rispetto a quello verificatosi precedentemente per l'orogene alpino. Ovvero, gli Appennini si sono originati dall'inversione della subduzione della placca adriatica, che si inflette sotto quella europea, verso ovest (W-dipping) (Doglioni 1991), a cui si contrappone il flusso mantellico diretto ad Est (**Fig. 1.3**). Conseguentemente alla subduzione W-directed si determina l'apertura del bacino di retroarco occupato dall'oceano Balearico ed il conseguente allontanamento dalla placca Europea di un grosso frammento del suo margine, corrispondente al blocco Sardo-Corso e di parte della catena alpina ad esso antistante, giacente al di sotto del livello del mare (**Fig. 1.1 - 1.4**). L'allontanamento sulla superficie crostale sferica comporta, in pratica, una roto-traslazione di 30- 40° del blocco Sardo-Corso in senso antiorario verso est, incentrata nel golfo di Genova (*sfenocasma ligure*).

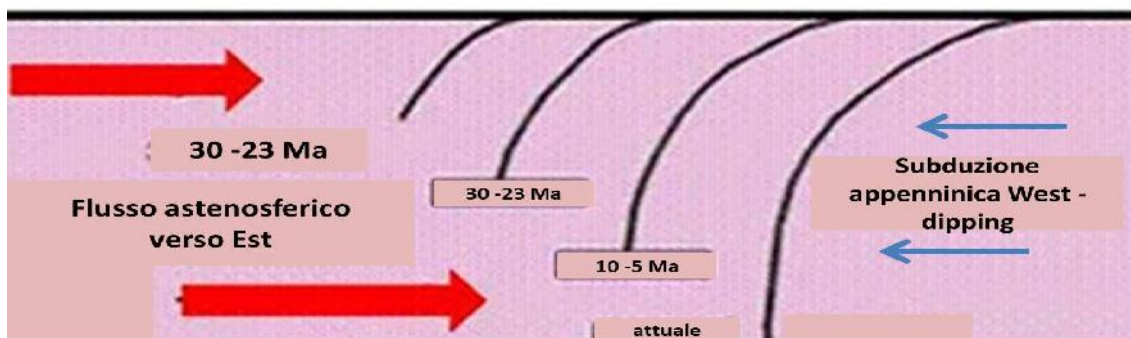


Fig. 1.3 - Il flusso mantellico verso Est determina il progressivo roll-back della placca Adria verso Ovest

Durante la migrazione di questo blocco e della porzione di catena alpina antistante, vengono scarificati e compressi i depositi della crosta oceanica dell'antico oceano Ligure-Piemontese, corrispondente al settore sud-occidentale dell'oceano Neo-Tetide (Fig. 1.1), insieme ad altri sedimenti accumulandosi sul fronte, a formare una parte delle rocce che andranno a costruire gli Appennini ancestrali. Più dettagliatamente, i depositi che verranno coinvolti nella costruzione di questo orogene possono essere così descritti:

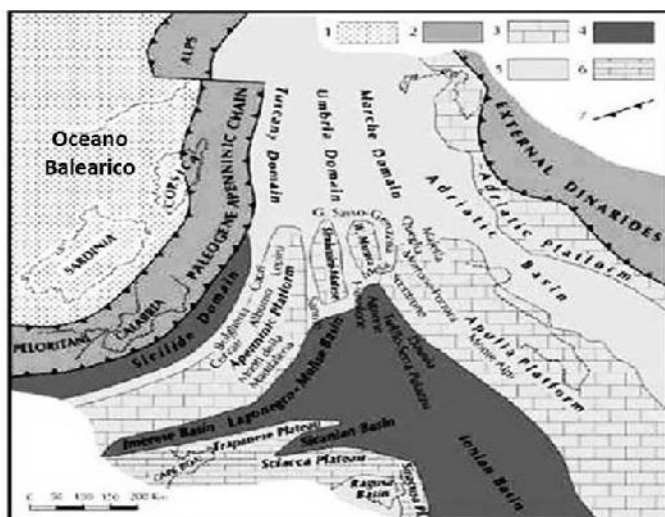


Fig. 1.4 - Deformazione dei bacini e delle piattaforme in conseguenza della rotazione del blocco Sardo-Corso

a) Le unità tettoniche derivanti dalla deformazione dei domini più interni (bacino liguride e sicilide) e gli ambienti di transizione dall'area bacinale al margine interno della piattaforma appenninica occidentale e porzioni della piattaforma stessa, andranno a costituire il settore occidentale della catena;

b) I depositi dei domini meso-cenozoici presenti sulla stessa placca Adria in posizione più orientale, caratterizzati, a loro volta, da ambienti variabili, da **mare basso di piattaforma** (Sud-Appenninica e Apula), e da quelli interposti tra le piattaforme, **di mare profondo** (Bacino Lagonegrese - Molisano) (**Fig. 1.4**). I depositi a) e b) costituiscono le **unità pre-orogene** nella formazione della catena appenninica. L'attuale posizione del blocco Sardo-Corso è stata raggiunta ca. 20 Ma fa.

□ Nel Miocene, dall'Aquitano al Langhiano (**23–16 Ma**), il cinematismo delle fasi tettonogenetiche che coinvolgono le unità pre-orogene nella formazione della catena è legato, quindi, al sovrascorrimento delle falde Liguridi-Sicilidi che si accavallano verso est sul margine di Adria (**Fig. 1.4**). Contemporaneamente, sul fronte deformativo di queste unità si impostano i primi bacini a sedimentazione silico-clastica, identificabili nelle **avanfosse** della embrionale catena appenninica, nelle quali si sedimentavano le **unità sinorogene**, con caratteri stratigrafico-sedimentari differenti. Ne costituiscono tipici esempi i **bacini del Saraceno e del Cilento**; in quest'ultimo, come è noto, si deponevano le successioni del **Flysch del Cilento**. Oltre a queste, si segnala anche l'avanfossa miocenica che si identifica nel **bacino irpino**, anch'esso rappresentante un momento molto caratterizzante della sedimentazione sinorogena durante buona parte del Miocene. In tale periodo, il settore centro-settentrionale della Piattaforma sud appenninica era in parte emersa e separava questi bacini da quello Lagonegrese. In circa 7-8 Ma, fino a tutto il Langhiano-Serravalliano (**16 Ma-11.6 Ma**) il fronte compressivo delle unità interne, aveva raggiunto il sistema piattaforma appenninica - bacino lagonegrese, che inizia a subire le prime deformazioni.

- Fase Tortoniano inf. - Pliocene inf. (11.6- 5 Ma)

Per tutto il Tortoniano assume un ruolo di fondamentale importanza l'**apertura del Mar Tirreno**, iniziata intorno ai 10 milioni di anni fa, che rappresenta, in pratica, un secondo bacino di retroarco formato dallo slab in subduzione (**Fig. 1.5a**). Tale apertura segna la definitiva costruzione orogenica dell'Appennino meridionale con la traslazione delle Unità Sicilidi e Liguridi verso E-NE e coinvolgendo nella deformazione i domini paleogeografici più esterni. Nello stesso tempo, più ad SE, la componente traslativa legata alla stessa apertura del

Tirreno, spinge velocemente il blocco alpino antistante a quello Sardo-Corso, nella forma dell'Arco Calabro-Peloritano, che si sovrappone al cuneo di accrezione Appenninico (**Fig. 15b**).

Tra il Messiniano ed il Pliocene medio (**7 – 3.5 Ma**) si passa ad uno stadio differente della tettonogenesi nel quale il sistema catena-avanfossa diviene più superficiale, con sedimentazione prevalente di mare basso.

Sulla base delle vicende tettono-sedimentarie sopra descritte si evince che l'architettura del cuneo di accrezione appenninico si è strutturata con impilamento di thrust sheets, il cui top è formato dalle unità più interne, ovvero il Complesso di Accrezione Liguride-Sicilide rappresenta l'**'hanging wall'** del thrust dei carbonati della Piattaforma Appenninica, che, a loro volta, sono in sovrascorrimento sulle successioni pelagiche dell'Unità tettonica Lagonegrese-Molisana.

La tettonica distensiva connessa all'apertura del bacino tirrenico, consente la migrazione del fronte deformativo verso est della catena, che coinvolge l'intero bacino di Lagonegro, mentre i settori interni della piattaforma Apula vengono progressivamente ribassati verso sud-ovest con formazione

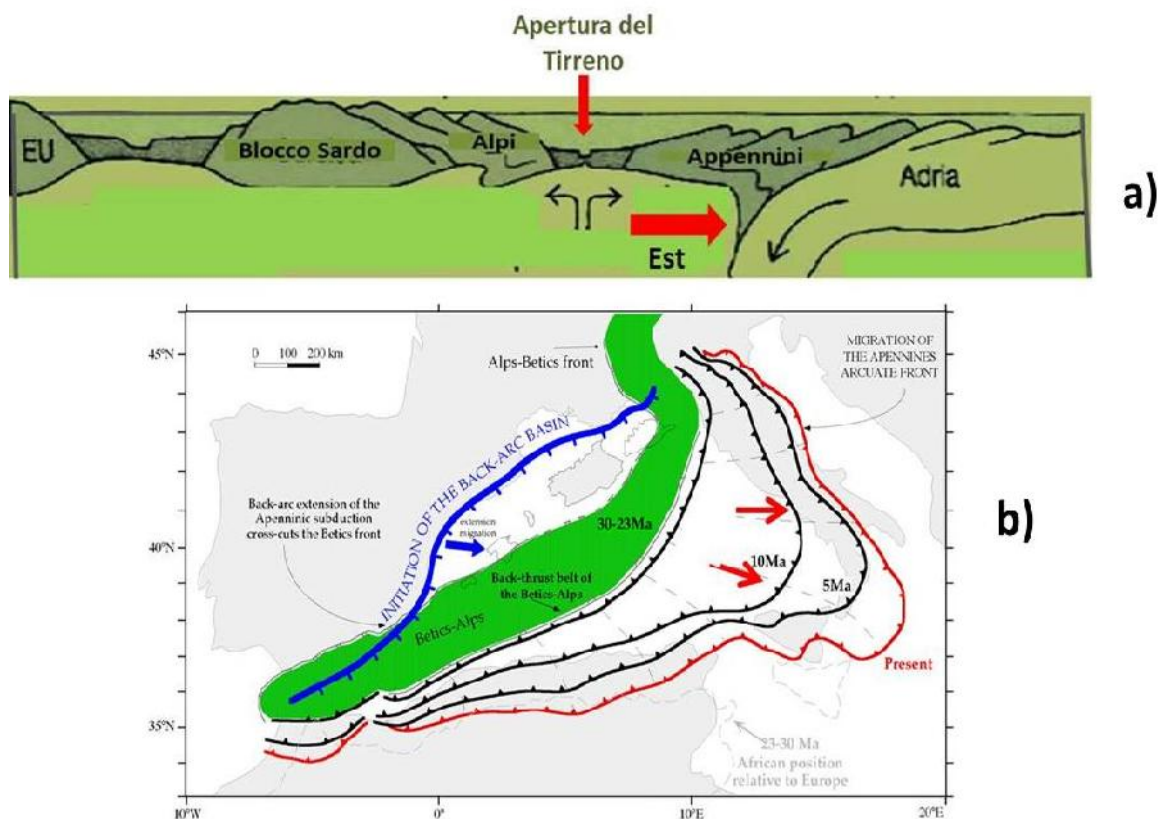


Fig.1.5 – a) Si blocca l'espansione dell'oceano Balearico per l'apertura del bacino di retroarco Tirrenico avvenuta circa 10Ma fa, b) in relazione all'apertura del Tirreno si ha un arretramento più veloce dello slab di subduzione appenninico (nella Fig. viene rappresentato in sezione via via in arretramento, vedi anche Fig. 1,2), con componenti verso Est in direzione Appenninica e verso Sud-Est in direzione della migrazione del blocco alpino che porta alla formazione dell'Arco Calabro-Peloritano

di un dominio deposizionale bacinale a sedimentazione silico-clastica rappresentato dall'ultima avanfossa in ordine cronologico, quella **bradanica**, che margina la catena, ormai

ben definita, verso Est. E' il caso di osservare ancora, che il complesso delle falde Appenniniche è sovrascorso in blocco al di sopra di un' altra unità carbonatica rappresentata dalla **Piattaforma Apula**, sepolta sotto i thrust appena descritti. Questa unità sepolta è, a sua volta, in continuità con la porzione carbonatica attualmente esposta ancora più ad est dell'avanfossa Bradanica, costituente l'avanpaese Apulo della catena Appenninica (Mostardini & Merlini, 1986; Cello & Mazzoli, 1998; Mazzoli et al., 2008). Ne deriva, quindi, che la catena Appenninica è riconducibile ad una struttura formata da due sovrascorrimenti principali di piattaforme carbonatiche tra i quali si inseriscono i sovrascorrimenti imbricati (horse) delle unità Lagonegresi, dando luogo ad una **struttura a duplex** (Fig. 1.6).

J Nel Pliocene medio-sup. – Pleistocene inf-medio (**3,5 – 0.7 Ma**), l'evoluzione geodinamica recente dell'Appennino meridionale si caratterizza per una inversione del campo di stress, che da compressivi diventano distensivi, localizzati verso il margine Tirrenico (Fig. 1.6).

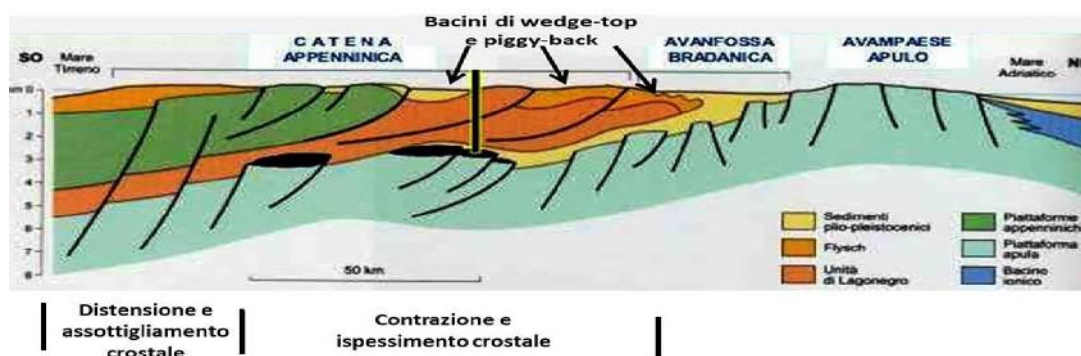


Fig.1.6 – L'Appennino Meridionale formato da un "duplex" di falde carbonatiche (Mostardini & Merlini, 1986)

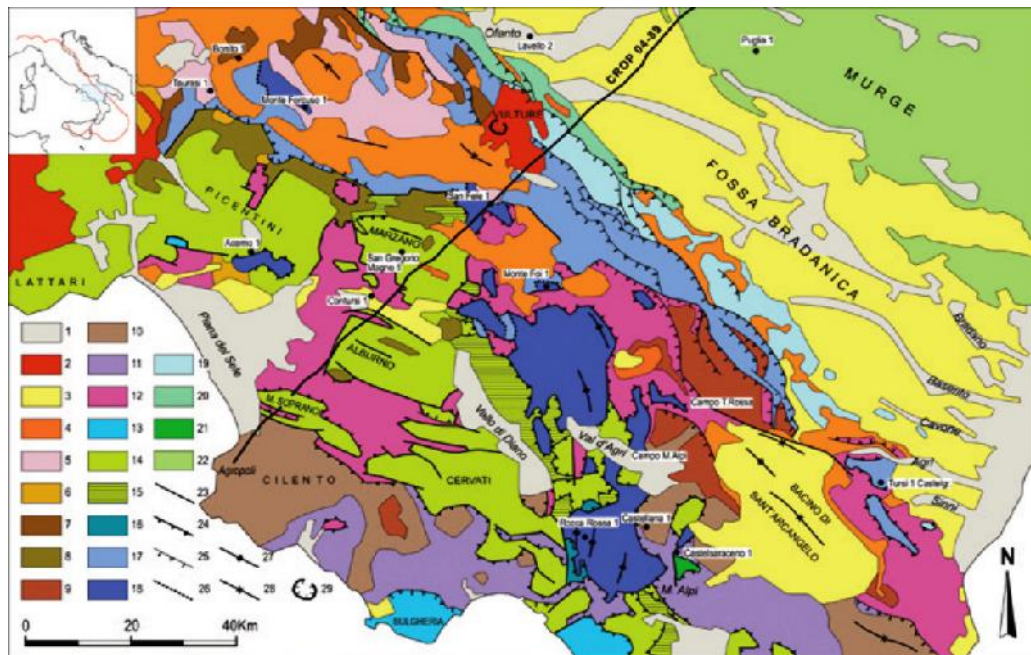
Questa inversione è dovuta all'interruzione della subduzione della placca Adria, probabilmente per ispessimento crostale, collocata in posizione ca. verticale, dal flusso mantellico verso Est (Fig. 1.2). Terminando la subduzione, il maggior afflusso del mantello litosferico direttamente sotto la crosta continentale fa sì che la tettonica quaternaria si caratterizzi per un elevato valore del flusso di calore e per una forte reazione isostatica, che durante il Pleistocene ha determinato i maggiori sollevamenti e i concomitanti sprofondamenti della catena Appenninica. In tale regime si sono prodotti diversi bacini intermontani, limitati da faglie normali; tra i più estesi sono da segnalare i graben della Piana Campana, della piana del Sele e del Vallo di Diano, nel settore meridionale della regione.

Dal Pleistocene medio all'attuale (**0.7 Ma - Attuale**) la Piana Campana, in particolare, è stata la sede di un diffuso vulcanismo ignimbrico alimentato attraverso le faglie normali della neotettonica, con formazione delle ben note aree eruttive e campi vulcanici Pleistocenico-Olocenici del Roccamonfina, Somma-Vesuvio, Ischia e Campi Flegrei (Rolandi et al. 2020a,b), da cui la definizione di **Campanian Volcanic Zone (CVZ)** (Rolandi et al. 2003, 2020a).

Nella Fig. 1.7 viene riportata la cartografia a scala 1:250000 che mette in evidenza l'assetto geologico delle unità dell'appennino meridionale.

J Dal Pleistocene medio all'attuale (**0.7 Ma - Attuale**) la Piana Campana, in particolare, è stata la sede di un diffuso vulcanismo ignimbrico alimentato attraverso le faglie normali della neotettonica, con formazione delle ben note aree eruttive e campi vulcanici Pleistocenico-Olocenici del Roccamonfina, Somma-Vesuvio, Ischia e Campi Flegrei (Rolandi et al. 2020a,b), da cui la definizione di **Campanian Volcanic Zone (CVZ)** (Rolandi et al. 2003, 2020a). Nella Fig. 1.6

viene riportata la cartografia a scala 1:250000 che mette in evidenza l'assetto geologico delle unità dell'appennino meridionale.



Vengono riportati i principali toponimi e sono indicate la traccia del profilo sismico CROP-04

1 Depositi continentali e subordinati depositi costieri (Pleistocene medio-Olocene). 2 Vulcaniti e vulcanoclastiti (Pleistocene medio-Olocene). 3 Depositi indifferenziati del Pleistocene inferiore p.p. (Calabrian) e della parte bassa del Pleistocene medio. 4 Depositi indifferenziati del Pliocene e del Pleistocene inferiore p.p. (Gelasiano). 5 Complesso Caotico del Torrente Calaggio (probabile Pliocene basale). 6 Depositi del Tortoniano superiore-Messiniano inferiore di Salerno-Montecorvino Rovella. 7 Formazione di San Bartolomeo ((Tortoniano superiore-Messiniano inferiore). 8 Formazione di Castelvete (Tortoniano superiore-Messiniano inferiore). 9 Formazione di Gorgoglione e Conglomerati di Monte Sacro (Tortoniano inferiore). 10 Gruppo del Cilento e Formazione di Albidona (Langhiano-Tortoniano inferiore). 11 Unità Nord-Calabrese (Eocene-Miocene inferiore). 12 Unità Sicilide (Cretacico superiore-Miocene inferiore). 13 Unità Bulgheria e Verbicaro (Trias superiore-Miocene inferiore). 14 Unità Alburno-Cervati (Trias superiore-Tortoniano inferiore). 15 Unità Monti della Maddalena (Trias superiore-Miocene ind.). 16 Unità del Monte Foraporta (Retico superiore-Dogger). 17 Unità Sannio (Cretacico inferiore-Miocene medio). 18 Unità Lagonegresi (Trias medio-Cretacico inferiore). 19 Unità Tufillo-Serra Palazzo (Paleogene-Messiniano inferiore). 20 Unità Daunia (Paleogene-Messiniano inferiore). 21 Finestra tettonica del Monte Alpi di Latronico (affioramento del Duplex Benevento-Val d'Agri). 22 Carbonati dell'Avampaese Apulo (Cretacico). 23 Faglie normali e faglie trascorrenti. 24 e 25 Sovrascorrimenti (24 thrust flat; 25 thrust ramp). 26 Superficie di scollamento (detachment) alla base dell'Unità Sannio. 27 Asse di anticlinale. 28 Asse di sinclinale. 29 Bordo di caldera (Vulture).

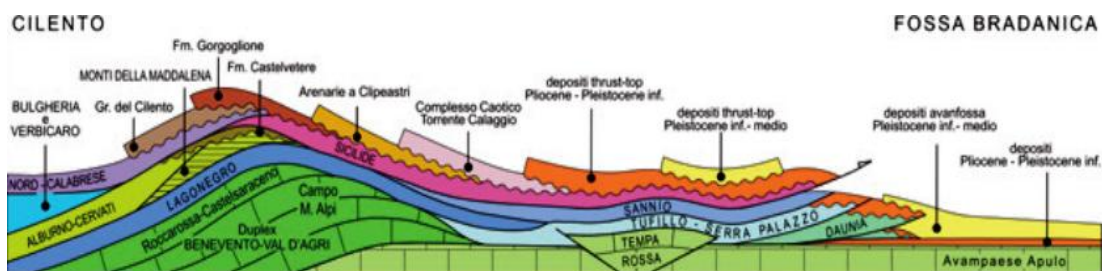


Fig.1.7 - Carta geologico-strutturale dell'Appennino Campano-Lucano e profilo geologico delle unità che si susseguono dal Cilento alla Fossa Bradanica

2_Inquadramento a scala locale dell'assetto geologico del territorio di Lapio (Av)

Abbiamo osservato che le unità tettono-stratigrafiche dell'Appennino Campano si distinguono in unità preorogene e sinorogene, delle quali, le prime corrispondono a successioni con **discontinuità concordanti**, mentre le seconde sono comprensive di successioni trasgressive discordanti, ovvero unità con **discontinuità inconformi**, in quanto sono limitate a tetto da una superficie di discordanza angolare. Il rilevamento geologico del comune di Lapio, restituito a scala 1:50.000 ed eseguito su basi topografiche a scala 1:5000-1:10.000 nel Foglio CARG (449Avellino), mediante alcune integrazioni scaturite da indagini in sito, è stato restituito, per il presente lavoro, a scala 1:5000 e stampato a scala 1:10.000 (All. 1), risultando, comunque comprensivo di tutte le Unità pre-orogene ascrivibili al bacino Lagonegrese-Molisano e le Unità litostratigrafiche sin-postorogene Mioceniche, Mioceniche-Plioceniche, Plioceniche del foglio CARG. Si riconoscono in particolare:

a) Le Unità pre-orogene appartenenti al settore occidentale del Bacino lagonegrese-molisano rappresentate dal **Flysch Rosso**, distinto in tre unità litostratigrafiche; si descrivono le due presenti nel territorio di Lapio, dal basso verso l'alto:

J **FYR₂** è il membro calcareo che a Lapio mostra il maggiore affioramento (**Fig. 2.1**), costituito calcareniti grigio-verdastre fossilifere (alveonidi, nummulliti e orbitoidi), con calcuruditi litoclastiche e brecciole calcaree, intercalate in banchi con stratificazione irregolare, con alla base orizzonti argillitici. Talvolta formano alternanze le calcarenitiche grigio-chiare, con strati di 40cm-1m di spessore, con marne calcaree bianche e argille marnose di colore rosso-verde. Le alternanze sono dislocate tettonicamente da faglie normali di piccolo rigetto. L'ambiente deposizionale è di scarpata-base di bacino. . Limite inferiore stratigrafico con FYR, tettonico con CVT. Lo spessore varia tra dai 100 ai 200m.



Fig. 2.1 - Membro calcareo del Flysch Rosso con immersione degli strati Calcarenitici Nord-Est 260°, con inclinazione di ca. 30°.

J) **FYR** si compone di alternanze di calcareniti fini grigio-verdastre laminate fossilifere (Mioegipsina e anfistegina), marne calcaree a laminazione piano-parallela-ondulata e argille marnoso-siltose, argilliti rosso brune e grigio-verdognole. E' presente una ricca microbiofacies a nanoplancton. L'ambiente di sedimentazione è di tipo pelagico, poco lontano dal margine carbonatico che alimenta la sequenza con prodotti calcarei di risentazione. Limite latero-verticale con FYR₂, limite inferiore stratigrafico non osservabile con CVT_{1a}, CVT₂ e con altre successioni pliocenico-quadernarie. A questa successione è stata attribuita l'intervallo cronostratigrafico Cretacico Sup.-Miocene inf.

b) Le **unità sin-orogene** sono prevalentemente di natura silico-clastica e sono presenti in discordanza sulle unità tettono-stratigrafiche descritte in precedenza, con età compresa Mio-Pliocenica.

- Sono rappresentate dai sintemi di Castelvete e Villamaina costituenti il **Supersintema dell'Irpinia**. Di questo supersintema l'unità presente nel territorio di Lapio è rappresentata dal sintema di Castelvete, comprendente due litofacies:

J) **CVT2** – Membro siltoso argilloso marnoso con olistoliti di piattaforma costituito da alternanze di silt arenacei, argille brunastre e grigio-azzurre a frattura concoide, argille siltose biancastre, areniti fini marroni. Le argille sono intercalate a marne e subordinatamente ad arenarie quarzose feldspatiche, quarzoso litiche e micacee, a grana medio-grossolana e con matrice per lo più calcarea, in alcuni casi abbondante. Si intercalano rari strati di calciruditi e calcareniti grigiastre lito-bioclastiche. Limite inferiore stratigrafico con CVT1, FYR. Limite superiore stratigrafico discordante con RVMb. Lo spessore è di circa 150 m- età Messiniano inf. Si tratta di sedimenti torbiditici

J) **CVT1a** – litofacies arenaceo-argilloso-conglomeratica associata a un sistema torbiditico, costituito da alternanze di arenarie arcoseo-litiche e subordinatamente quarzoso-feldspatiche con minerali femici e frammenti litici abbondanti di colore grigio; argille di colore grigio verdognolo, argille marnose di colore grigio; subordinatamente sono presenti intercalazioni di blocchi carbonatici. Nella porzione superiore alternanza di conglomerati a matrice sostenuta, conglomerati disorganizzati con grossi ciottoli e clasti pelitici, arenarie con ciottoli dispersi o nuvole ciottolose. Limite stratigrafico laterale eteropico con CVT1; limite superiore con CVT2. Limite tettonico con FYR e FYR₂. Lo spessore è di circa 200m. Tortona sup.-Messiniano inf. In questa unità è inglobato un olistolite di piattaforma carbonatica (**ol**), indicante un ambiente deposizionale di facies canalizzate in rapporto ad un dopocentro posto sull'unità sicilide, a sua volta inglobante un grosso frammento di piattaforma carbonatica, dal quale provengono gli elementi di wid-flysh.

- Le Unità sinorogene del Miocene-sup- Pliocene inf. di Tufo-Altavilla (**UTA**) sono costituite dalle due successioni di San Barbato (sommitale) (**UTA_d**) e Manocalzati (basale) (**UTA_a**), poggianti in discordanza angolare sulle unità FYR e CV, corrispondenti, rispettivamente, alle due litofacies:

□ **UTA_d**: litofacies arenaceo – sabbiosa costituita da arenarie e sabbie grigie e giallastre, con rare sottili intercalazioni di argille grigie; a più altezza livelli lenticolari di conglomerati eterometrici. (**UTA_e**), affioranti diffusamente nella frazione S.Barbato. Limite inferiore inconforme con la successione di Manocalzati; età Miocene sup. – Pliocene inf.

□ **UTA_a**: litofacies pelitico - arenaceo - gessosa della Successione di Manocalzati, con frequenti passaggi a litofacies arenaceo-argillosa-gessose (**UTA_b**) e arenaceo-conglomeratiche (**UTA_c**). Nella porzione medio-inferiore della successione si passa lateralmente ad argille siltose di colore giallastro, massive alternate ad arenarie grigio-giallastre con sottili livelli di gessosiltiti e gessoareniti fini risedimentate, diatomiti e marne euxiniche; età Messiniano sup..



Fig. 2.2 - Litofacies arenaceo-sabbiosa-conglomeratica del Tufo di Altavilla (UTAd)

- Le Unità sinorogene Plioceniche appartengono al **super-sintema di Ariano**, e sono generalmente costituite da depositi grossolani di conoidi di ambiente deltizio, ascrivibili ai sintemi di **Ruvo del Monte (RVM)** e **Andretta (SAD)**, dei quali solo il primo è presente sul territorio di Lapio, nella litofacies conglomeratica-sabbiosa (**RVM_b**).

□ **RVM_b** -. Conglomerati in strati, lenti e banchi con intercalazioni di sabbie litarenitiche grossolane, micro conglomerati a matrice sabbiosa giallo rossastra, rare lenti di silt argilloso di colore verde e marrone scuro. Spessore complessivo di circa 200 m; età Pliocene medio.

- Depositi continentali Quaternari

Nel territorio comunale sono presenti prodotti di origine vulcanica in deposizione primaria da caduta (**PNV**) e in facies detritico-colluviale, con inglobati clasti calcareo-arenacei (**b₂**).

Spesso sono presenti alla base depositi alluvionali, appartenenti al sintema del fiume Calore, costituenti i diversi ordini di terrazzi (**SFL_{4b}**)

□ **b₂ - Coltre Eluvio – Colluviale**

E' costituita prevalentemente da alternanze di livelli detritici sabbioso – arenacei e/o pomicei in matrice limosa di natura piroclastica talora argillificata, con lenti di piroclastiti rimaneggiate con tessitura sabbioso – siltosa di colore scuro, contenenti clasti isolati calcari e pomici ben arrotondati; a diverse altezze sono presenti paleosuoli rimarcanti una stasi prolungata delle colluvioni.

□ **PNV- Unità di Piano delle Selve**

Nel territorio comunale sono presenti estese coperture di questa unità costituite da una matrice cineritica, granulometricamente identificabile in una sabbia marrone medio-fine, inglobante piccole pomici con le dimensioni di una ghiaia fine (lapillo fine) e cristalli di sanidino sciolti.

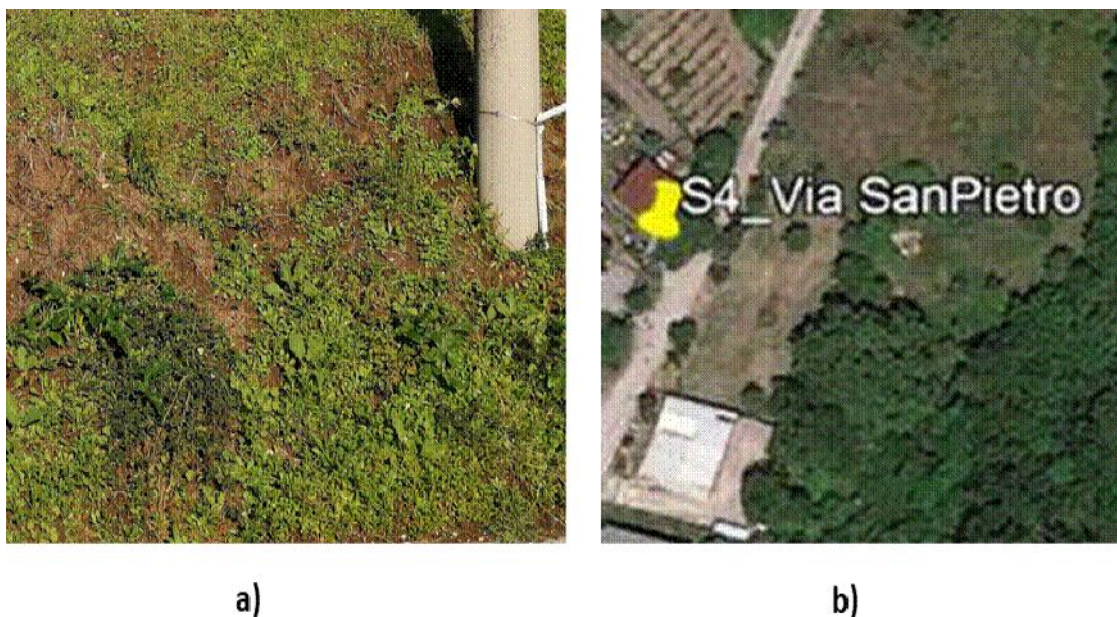


Fig. 2.3 – a) Banco di materiale piroclastico, con spessore di circa 3m, a matrice prevalente sabbiosa medio-fine, inglobante piccoli lapilli pomicei e cristalli sciolti di sanidino, b) area del sondaggio S4 (Via S. Pietro), dove è stata evidenziata la copertura di materiale piroclastico con spessore di 3m.

In questa unità vengono usualmente presi in considerazione i depositi da *fall* delle eruzioni pliniane Flegreo-vesuviane, le quali sono del tutto assenti nel territorio in studio. E' da ritenere, quindi, che le coperture piroclastiche presenti sul rilievo collinare di Lapio siano da attribuire alle *ash cloud* delle unità da flusso dell'Ignimbrite Campana, i cui depositi tufacei depositati nel fondo valle, sono abbondantemente presenti nella provincia di Avellino, fino a Mirabella Eclano.

Gli spessori maggiori raggiungono circa 8-10 m nelle aree di fondovalle e si riducono a 2-3 m in corrispondenza del rilievo collinare di Lapio, particolare, di notevole interesse per la definizione degli assetti in chiave di risposta sismica.

□ *SFL_{4b} - Unità del bacino del fiume Calore*

E' costituita da Ghiaie poligeniche ed eterometriche a matrice sabbioso-limosa organizzate in banchi e strati con alternati lenti e strati di sabbie-limose umificate. I depositi costituiscono più ordini di terrazzi del fiume Calore, la cui base poggia sul tufo ignimbrico grigio, e/o su materiali di alluvioni pleistoceniche a matrice piroclastica alterata.

□ *Depositi antropici*

Dalle rilevazioni effettuate sono stati riscontrati dei cumuli di materiali di riporto antropico, ubicati in un scavo sul versante, effettuato, probabilmente, per la realizzazione di una modesta attività estrattiva.

Al fine di esaminare sotto il profilo stratigrafico le unità descritte sulla carta geologica, nell'ambito della zona di interesse sono stati eseguiti n°5 sondaggi a carotaggio continuo spinti a profondità significative tra 12 e 30m, in accordo con le caratteristiche litologiche delle differenti strutture stratigrafiche rinvenute durante le perforazioni. Sono stati considerati altresì i sondaggi eseguiti recentemente per vari lavori effettuati sul territorio comunale (De Cosmo 2015, Pasquale 2019) (**Fig. 2.4**).

Dal report stratigrafico presentato (**All .10**) che fa riferimento ai sondaggi eseguiti per questo lavoro (S1 – S5) e ai sondaggi pregressi eseguiti per opere costruite sul territorio di Lapio (SA1-SA2-Sd), ubicate in Fig.2.4, si possono fare le seguenti considerazioni:

) I sondaggi S1, S3, Sd evidenziano la presenza di 2, 3m di copertura superficiale ascrivibile a materiale piroclastico, coltre eluvio-colluviale, e detritici antropici. Fino alle profondità investigate si rinvenivano le tipiche facies riconducibili alle **unità sin-orogene**, prevalentemente di natura silico-clastica.

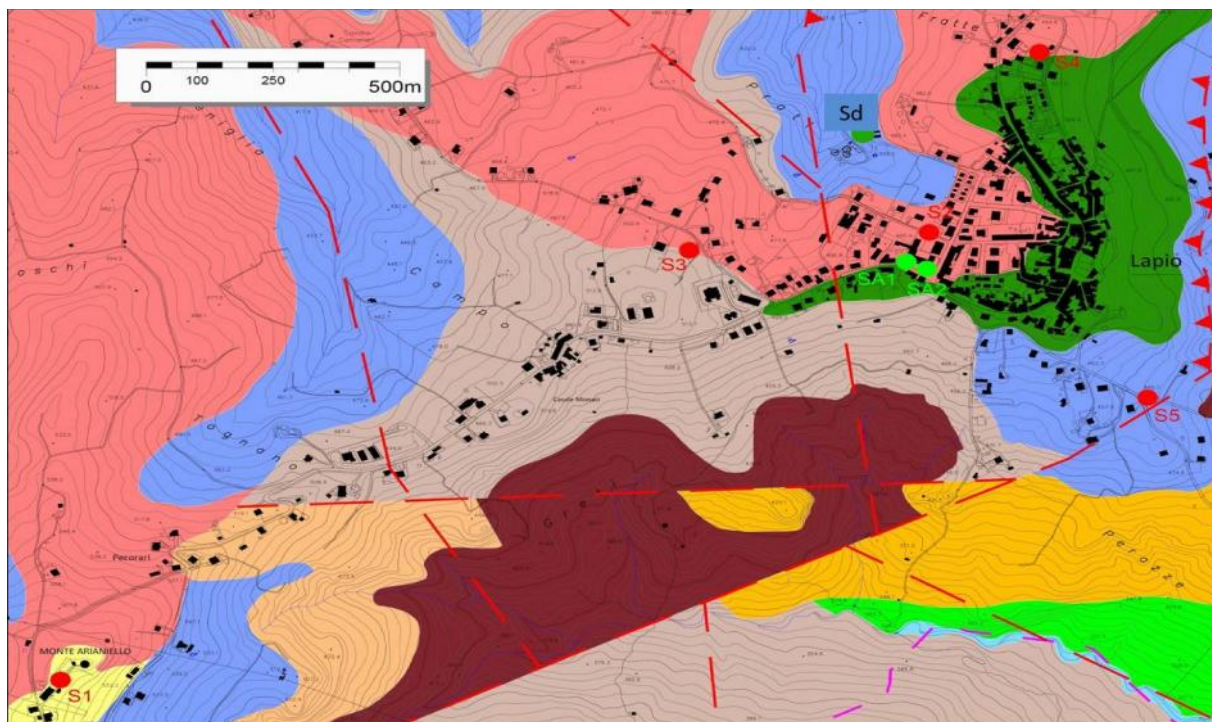


Fig. 2.4 – L’ubicazione dei sondaggi in rapporto alle caratteristiche geologico-stratigrafiche presenti nei diversi siti

) I sondaggi S2, S4, SA evidenziano la presenza di 3 -7m di copertura superficiale ascrivibile a materiale piroclastico, coltre eluvio-colluviale, e detritici antropici. Seguono i terreni dell’unità pre-orogena rappresentata dal membro calcareo dell’unità **FYR** costituito da strati calcarenitici ed argille marnose.

Le stratigrafie di entrambi i gruppi di sondaggi sono concordanti con i rapporti geo-stratigrafici dei siti nei quali sono stati ubicati. Nell’All.2, in definitiva, viene mostrato che il territorio di nostro interesse, mostra una consistente diversificazione geolitologica, che si può riassumere nel modo seguente:

- Nel settore corrispondente al centro storico, i terreni piroclastici e eluvio-colluviale ricoprono il substrato con spessori confinati nell’ambito dei primi 10 metri; talora sono assenti o di spessore esiguo, con affioramento diretto o a debole profondità del substrato litoide ascrivibile alla formazione del Flysh rosso.
- L’assetto geologoco-stratigrafico differisce dal precedente nel settore di W-SW, dove è ancora diffusa la formazione piroclastica, con spessori variabili nei primi 10 m, a copertura della litofacies arenaceo-argilloso-conglomeratica della formazione di Castelvete. In corrispondenza della località Arianiello affiorano arenarie e sabbie grigie e giallastre ascrivibili

alla litofacies arenaceo-sabbiosa dell'Unità di Tufo-Altavilla, e ancora più a W-SW è la litofacies conglomeratico-sabbiosa RVMb ad essere ricoperta dalla coltre eluvio-colluviale.

- Nel lembo di territorio posto a SE, infine, sono le alluvioni del Fiume Calore ad essere ricoperte dalla coltre eluvio- colluviale

3_ Caratteristiche tettoniche dell'area di studio

L'assetto strutturale dell'area è in relazione agli effetti compressivi delle fasi tettoniche mio- plioceniche, responsabili della formazione di un sistema di pieghe a scala diversa, con gli assi orientati in direzione appenninica, di sovrascorrimenti e faglie listriche presenti nei termini lapidei e terrigeni delle varie unità formazionali presenti sul territorio (Flysch Rosso (FYRa), unità di Altavilla (UTA) e di Castelvete (CVT). Alle ultime fasi tettonogenetiche, sono da ascrivere la serie di faglie normali che hanno dislocato il margine Tirrenico (**Fig.1.6**).

Nell'area del comune di Lapio, si rinvencono litofacies calcareo clastica (FYRa) con immersioni prevalentemente verso N-NE (inclinaz. 10° e 30°). Nelle sezioni geologiche riportate nell'All. 7

si osserva la sovrapposizione in discordanza dei terreni dell'Unità di Altavilla sul Flysch Rosso, come pure è evidente il sovrascorrimento del Flysch Rosso sui terreni del Sintema del Castelvete.

4_ Caratteristiche idrogeologiche

Le caratteristiche idrogeologiche del territorio di interesse si desumono dalle osservazioni geologico-stratigrafiche, nonché sulla ubicazione di pozzi e sorgenti presenti nell'area. Ciò ha consentito la distinzione di una serie di complessi idrogeologici con caratteristiche di permeabilità diversificata, schematizzati nella maniera seguente::

• **Complesso a permeabilità alta** ($K = >1$ cm/sec)

E' costituito dalla litofacies calcareo clastica dell'Unità del Flysch Rosso (FYRa), costituito da calcari clastici grigiastri e biancastri, in strati e banchi massivi, con stratificazione irregolare e diffuso clivaggio di fratturazione; calcari cristallini saccaroidi biancastri e grigio avana; marne calcaree bianche. La fitta rete di discontinuità primarie e secondarie determina le elevate caratteristiche di permeabilità dell' ammasso.

• **Complesso a permeabilità media** ($K = 1 - 10^{-3}$ cm/sec)

Si individua nei depositi di copertura di origine piroclastica. La varia disposizione dei materiali piroclastici condiziona oltremodo lungo i versanti la potenzialità della falda acquifera; infatti le piroclastiti, caratterizzate da un vario assortimento granulometrico, mostrano gradi di permeabilità variabili: elevato nelle fasce sabbiose, medio in quelle limoso-sabbiose.

• **Complesso a permeabilità medio-bassa** ($K = 10^{-3} - 10^{-7}$ cm/sec)

E' dato dalla coltre eluvio-colluviale, costituita da un' alternanza di livelli detritici sabbioso-arenacei e/o pomicei in matrice limosa di natura piroclastica, talora argillificata con lenti di piroclastiti rimaneggiate

• **Complesso a permeabilità bassa** ($K = 10^{-7} - 10^{-9}$ cm/sec)

E' costituito dai terreni delle Unità di Altavilla (UTA-UTAc) e di Castelvete (CVT), costituiti da sequenze prevalentemente fini, con permeabilità molto bassa, che si incrementa episodicamente per la presenza di intervalli arenacei e conglomeratici fratturati e talora livelli sabbiosi.

E' stato osservato in precedenza che gli elementi che caratterizzano l'idrologia superficiale si individuano negli spartiacque principali associati alle creste collinari, i quali delimitano il coronamento dei bacini idrografici dei due versanti che li sottendono, a loro volta solcati da reticoli idrografici di tipo sub-dendritico, ovvero con i rami maggiori che confluiscono direttamente nell'asta fluviale del Fiume Calore. La formazione di queste reti drenanti naturali è, evidentemente, in relazione con la natura poco permeabile delle formazioni che costituiscono lo stesso rilievo collinare. Queste caratteristiche idrologico-idrauliche si riflettono sulla circolazione idrica sotterranea nell'ambito di nostro interesse, che appare piuttosto limitata, con portate stagionali variabili. A titolo speculativo, si fa rilevare che la superficie freatica misurata in due pozzi posti ad una differenza di quota di circa 50m, in adiacenza ai sondaggi S3 – S5, ha registrato valori, rispettivamente, di -1.50 e -2m dal p.c., a prova dell'esistenza di livelli acquiferi effimeri superficiali, presenti nelle formazioni silico-clastiche, probabilmente lentiformi, cui competono valori di permeabilità oscillanti tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-3}$ cm/sec.

L'area del centro storico presenta differenti caratteristiche idrogeologiche, derivanti da una struttura stratigrafica caratterizzata in superficie da un'alternanza di litotipi di copertura di natura piroclastica, con grado di permeabilità medie, passanti più in profondità a calcareniti intensamente fratturate, con un grado di permeabilità molto alto, dove l'estesa fratturazione consente una percolazione quasi immediata dell'acqua sotterranea in una falda profonda, non intercettata nelle indagini geologiche (probabile soggiacenza a -25-30m). Vi sono consistenti indizi per ritenere che l'acquifero calcarenitico sia sostenuto da un substrato con un rapporto stratigrafico tra litologie carbonatico-arenacee e argilloso-marnoso-pelitiche e da discontinuità laterali impermeabili, che assumono il ruolo di **“impermeabile relativo”** (vedi All.7). In tal modo viene favorita la presenza di una falda idrica che si imposta negli orizzonti carbonatici, in grado di dar vita a scaturigini di media portata. Tipico esempio di ciò è rappresentato dal fontanile di **“Fontana Petrariello”** (Fig. 4.1).

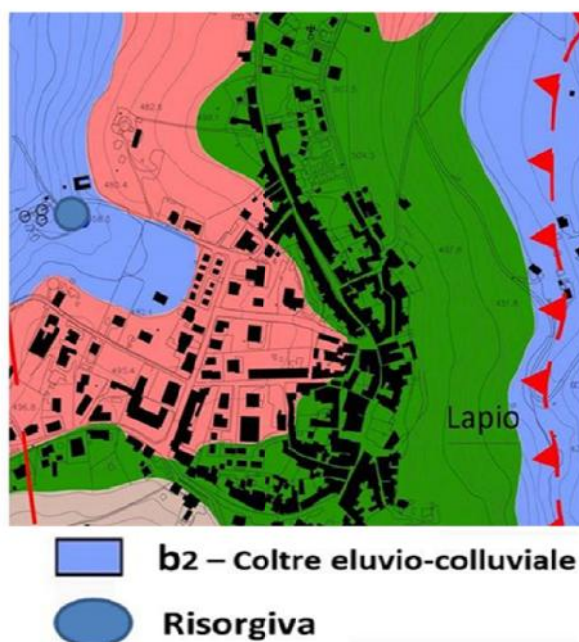


Fig. 4.1 – a) Scaturigine di Fontana Petrariello , b) Ubicazione del fontanile

5_ Caratteristiche fisico-meccaniche e sismiche dei terreni

Sono state analizzate le caratteristiche geotecniche delle unità litologiche, campionate prevalentemente in ambiti superficiali in rapporto agli intendimenti progettuali tesi alla valutazione dei livelli di amplificazione sismica.

Allo scopo, sono stati eseguiti n° 5 sondaggi a carotaggio continuo, spinti a varie profondità in accordo con il diverso grado di addensamento dei terreni, raggiungendo a luoghi la profondità massima di 30,00 m dal p.c, **(Fig. 2.4)**.

Per ciascun sondaggio, vengono descritte le caratteristiche del livello stratigrafico in cui sono stati prelevati i campioni per le analisi di laboratorio e/o dove sono state eseguite le prove SPT a partire dal fondo dei fori di sondaggio. Vengono, quindi, elencati e discussi i valori desunti dalle analisi di laboratorio (All.) e quelli ottenuti dalle prove in sito. Per questi ultimi, i valori di resistenza e compressibilità sono stati determinati attraverso le seguenti correlazioni empiriche proposte dai vari autori.

- **Caratteristiche di resistenza:**

- Angolo di resistenza al taglio (ϕ) - formula proposta Sowers (1961).
- Densità Relativa (D_r) - formula di Skempton (1986).

- **Caratteristiche di deformabilità:**

-) Modulo Edometrico (E_d) - correlazione di Farrent (1963)
-) Modulo di Young (E') - formula di Schmertmann (1978).
-) Per il Coefficiente di Poisson (ν'),) - correlazione A.G.I.
- Modulo di deformazione a taglio dinamico (G), - formula di Robertson e Campanella (1983)

Sondaggio 1

Profondità investigata 0,00 - 8,55 m dal p.c.

Corrisponde alla coltre colluviale a grana fine con struttura caotica e tessitura eterogenea. Nelle stratigrafie in allegato, i terreni sono stati descritti come: Limi argillosi di colore variabile dal grigio al giallastro, da grossolana a fine, con inclusi elementi arenitici di dimensioni variabili da pochi mm fino ad uno spessore max 5-6 cm e di colore variabile dal grigio al giallo.

☐ **Campione S1- C1 (prof.3,00 - 3,60 m dal p.c.)**

- Prove di laboratorio

☐ **Caratteristiche Fisiche**

- **Indice dei vuoti 0,665**
- **Porosità n 39,93 %**
- **Grado di saturazione S_r 89,65 %**
- **Umidità naturale w 22,671 %**
- **Analisi granulometriche: *Limo con argilla, debolmente sabbioso*. E' presente circa il 90% di**
contenuto di materiali fini, (limo + argilla).

- Limiti di Atterberg

-) **Limite di liquidità LL 31,4 %**
-) **Limite di plasticità LP 24,8 %**
-) **Indice di plasticità IP 6,6 %**

) **Indice di consistenza Ic 1,32**

Il **Limite di Liquidità** e l'**Indice di Consistenza**, riportati sulla carta della plasticità di Casagrande rientrano nel campo 2 ovvero dei "**Limi inorganici di media compressibilità e limi organici**" la cui **plasticità medio- bassa** viene confermata dal relativo indice **Ip = 6.6 (Fig. 5.1)**.

☐ **Caratteristiche di resistenza**

) **Angolo di resistenza al taglio $\phi' = 28^\circ$**

) **Coesione drenata $c' 19,0$ kPa**

☐ **Caratteristiche meccaniche desunte dalle prove in sito.**

Le prove SPT per i livelli posti a maggiore profondità ($> 8,50$ m dal p.c.), hanno registrato valori di rifiuto, (prova n°2. $8.50 \div 8.55$ m., n° di colpi **15-5 cm Rif**), che indicano un' elevato grado di consistenza e di addensamento..

SONDAGGIO 2,

Profondità investigata 1,30 - 6,90 m dal p.c.

Deposito piroclastico a grana fine con rari inclusi eterometrici, rimaneggiato ed alterato per argillificazione.

☐ **Campione S2- C2 (prof. 4 - 450 m dal p.c.)**

Prove di Laboratorio:

☐ **Caratteristiche Fisiche**

) **Indice dei vuoti e 0,661**

) **Porosità n 39,81 %**

) **Grado di saturazione Sr 92,17 %**

) **Umidità naturale w 22,69 %**

) **Analisi granulometrica: Limo con argilla, debolmente sabbioso.** (circa il 90% di contenuto di materiali fini (limo+argilla)

- **Limiti di Attemberg**

Limite di liquidità LL 46,5 %

Limite di plasticità LP 26,4 %

Nell'area di studi sono state eseguite le indagini del tipo:

- *Microtremori a stazione singola* (HVSR) e *Multichannel Analysis of Surface Waves* (MASW), integrate da prove di *tomografia sismica*. Le prove sono state realizzate negli stessi siti dove sono stati eseguiti i 5 sondaggi meccanici, laddove questi ultimi sono stati posizionati al centro degli stendimenti. I dati registrati sono stati elaborati e restituiti graficamente con le usuali procedure e si possono consultare nell'apposito dossier che riporta tutte le indagini, dirette e indirette eseguite per questo lavoro. L'ubicazione di queste prove è precisata nella Carta delle indagini (**All. 7**).

Nel prosieguo viene riassunto il dettaglio dei risultati dell'indagine sismica ottenuti per i singoli siti investigati:

La prova MASW effettuata nel sito n°1, in accordo con i risultati del sondaggio geognostico n° 1, ha evidenziato valori delle Vs > 800 m/s relativamente al bed rock sismico. posizionato a profondità di circa 20 m dal p.c. in corrispondenza del banco argillo-marnoso scaglioso.

La prova HVSR ha evidenziato a sua volta, un picco di frequenza a circa 9Hz, verosimilmente dovuto alla presenza delle intercalazioni presenti a partire da una profondità di circa 9m.

La tomografia sismica ha posto in evidenza la presenza di un primo sismostrato, individuabile nella sequenza sabbioso-arenacea di copertura, particolarmente ricca di elementi carboniosi, evidenziata dal sondaggio geognostico, caratterizzato da spessori variabili tra i 2m e i 5 m. Ha, altresì, confermato la presenza degli interstrati arenacei, a profondità comprese tra 5m e 10 m. Probabilmente, in relazione alla limitata lunghezza dello stendimento, non è riuscita ad evidenziare in modo chiaro la presenza della formazione argilloso-marnoso-arenacea basale.

- Nel sito n. 2 (via S. Nicola), dove la stratigrafia evidenzia una copertura di natura prevalentemente piroclastica, spessa 6-7m, l'Indagine MASW ha evidenziato bassi valori delle Vs relativamente a questi strati superficiali, raggiungendo valori di circa 700 m/s in prossimità del substrato posto a tali profondità, costituito da alternanze calcarenitico-sabbiose.

Le curve HVSR mostrano un significativo picco a 13Hz compatibili con spessori della copertura. E' da rimarcare che il tetto del substrato ricostruito lungo lo stendimento sismico sembra approssimarsi leggermente alla superficie topografica con l'allontanarsi da via S.Nicola.

- In corrispondenza del sito n.3 (Villa Joaquin) il profilo delle velocità Vs ricostruito attraverso la prova MASW non evidenzia la presenza di un substrato nei primi 30m. Ciò trova riscontro nell'andamento della curva HVSR sostanzialmente piatta, che conferma l'assenza di contatti stratigrafici significativi.

Un'assetto stratigrafico piuttosto regolare lungo tutto lo stendimento viene evidenziato anche dalla tomografia sismica.

- Nel sito n. 4 (via S. Pietro) la prova MASW ha fatto registrare valori delle Vs di circa 800 m/s, relativi alla presenza del bedrock calcareo a circa 5-6m di profondità. Questa risultanza trova conferma dai valori della prova HVSR che ha evidenziato un picco di frequenza a circa 8 Hz da ricondurre alla presenza del medesimo bedrock calcareo.

La tomografia sismica, in conformità con le altre prove sismiche effettuate, ha evidenziato spessori della copertura variabili tra circa 4 m e 6 m, con il tetto del substrato mostrante un certo approfondimento nella parte centrale dello stendimento.

- Nel sito n. 5 (Via Vignali) i valori delle Vs ottenuti dalla prova MASW indicano la presenza di un banco pari a circa 600 m/s a partire da profondità $\approx$ 10m, risultato confermato dalle curve HVSR che mostrano un significativo picco a 14 Hz, compatibile con spessori della copertura dello stesso ordine di grandezza (5 m - 7 m). La tomografia sismica ha confermato un andamento sostanzialmente regolare del tetto della formazione di base lungo tutto lo stendimento.

6_ Caratteristiche sismogenetiche territoriali

6.1_L'area Irpina

Gli eventi sismici che hanno interessato quest'area sono collegati a strutture tettoniche identificate rispettivamente a nord-ovest, nella zona sismogenetica Sannio-Matese e, a sud-est, in quella Irpina (**Fig 6.1a**). La ricostruzione storica dei terremoti basata sul Catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI04, poi aggiornato al CPTI11), è stata realizzata per creare la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, sulla base di una storia sismica che consta di 2550 eventi, dal 217 a.C. al 2002, aventi una soglia di intensità epicentrale $I_0 = 4 - 10$ della scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg). Da questi dati trova conferma che il territorio campano è stato interessato da eventi sismici molto catastrofici, registrati in massima parte lungo il confine regionale tra la

Campania ed il Molise e tra la Campania, la Puglia e la Basilicata, in particolare nei territori del Matese, del Sannio e dell'Irpinia. Si tratta, quindi, di zone della nostra Regione da ritenere a più elevata pericolosità sismica, disposte lungo la fascia centrale dell'Appennino Meridionale, secondo un asse di allungamento NW-SE, lungo il quale si evidenzia la maggior concentrazione degli epicentri dei sismi sia storici sia recenti, ben individuabili nella mappa di **Fig. 6.1b**.

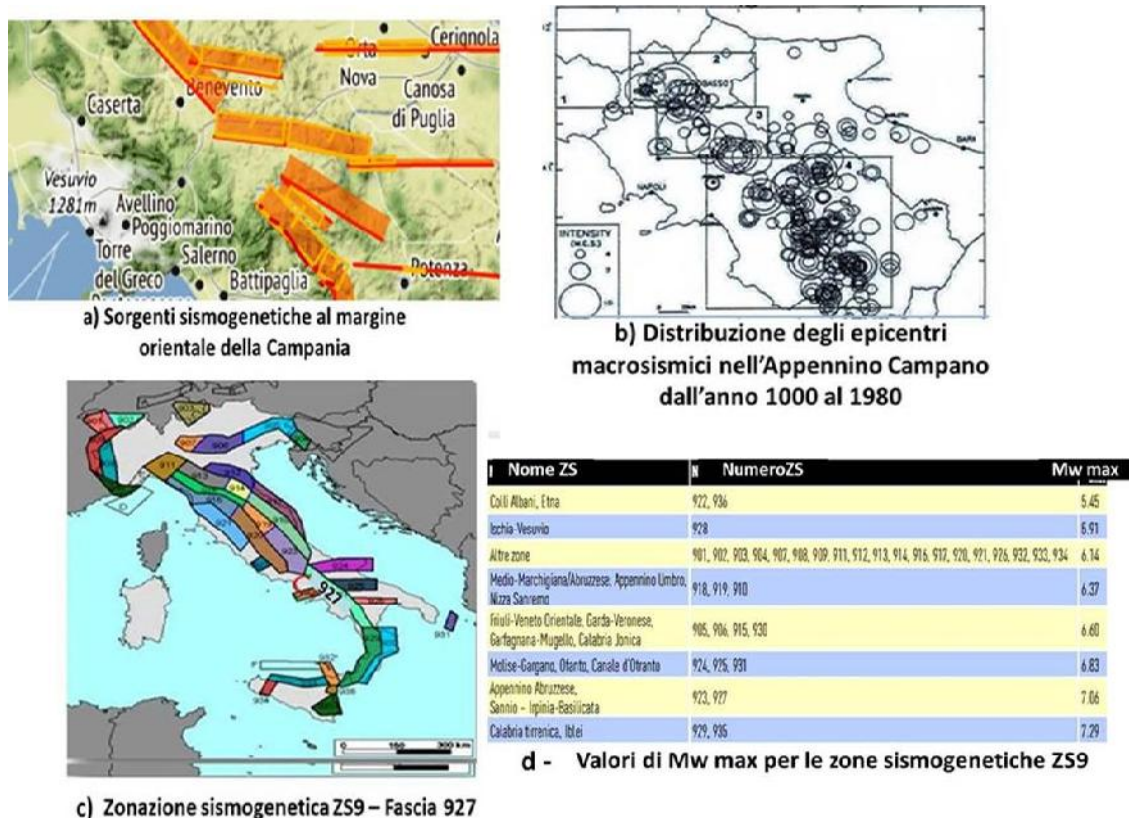


Fig. 6.1

La zonazione sismogenica **ZS9** della penisola Italiana (Meletti e Valensise, 2004; Meletti et al., 2008), nella quale ciascuna zona sismica (ZS), identificata da un numero dell'intervallo 901-936, è stata caratterizzata da una serie di informazioni sismo-tettoniche. Per la Campania, afferente alla zona sismogenetica **927** (**Fig. 6.1c**), i dati indicano una profondità dei terremoti, nell'intervallo 8 -12 km e da un meccanismo di fagliazione atteso per faglia normale. La magnitudo massima attesa (**Mw max**) di eventi sismici che ricadono nella zona sismogenetica **927**, è **> 7** (**Fig.6.1d**).

La **Magnitudo Locale (M_L)** o **magnitudo Richter**, è nota come una grandezza strumentale che confronta il **Log₁₀** dell'ampiezza della traccia registrata su un sismografo all'epicentro di un terremoto, con il **Log₁₀** dell'ampiezza di un evento standard (**$M_L = 0$**), che un sismografo registrerebbe se si trovasse ad una distanza di 100 km dall'epicentro di quello stesso terremoto.

La **Magnitudo Momento (M_w)** (Kanamori 1977) sfrutta invece il concetto di **momento sismico (M_0)**, che mette in relazione l'area della faglia coinvolta, la sua rigidità ed il suo spostamento. E' dunque una misurazione più affidabile, ma con delle tempistiche di rilevazione più lunghe. si basa sul concetto di momento sismico Per comprenderne il significato è bene quindi definire fisicamente il momento come la forza per il braccio (cioè per la distanza dal centro di rotazione di un sistema). A questo punto cerchiamo di immaginare due blocchi di faglia a contatto che si muovono l'uno rispetto all'altro attraverso un moto relativo, e cerchiamo di esprimere matematicamente il momento di un terremoto. L'equazione è: **Momento (M_0) = Rigidità x Area della Faglia x Spostamento della superficie**, dove la rigidità corrisponde alla resistenza alle deformazioni. La conversione del momento sismico in magnitudo è possibile farla attraverso l'equazione: **$M_w = 2/3 (\log M_0 - 10,73)$** La scala **$M_w$** e' definita in maniera da coincidere con la scala Richter per i terremoti inferiori a magnitudo 6-7. (**Fig. 6.2**).

Intensità I_{MCS}	Scossa	Effetti	MAW - MD
I	strumentale		$\leq 2.6 - 2.3$
II	leggerissima		$3.0 - 2.7$
III	leggera		$3.4 - 3.0$
IV	mediocre	Percezione	$3.9 - 3.4$
V	forte		$4.3 - 3.9$
VI	molto forte		$4.8 - 4.5$
VII	fortissima	Danno	$5.1 - 4.9$
VIII	rovinosa		5.5
IX	disastrosa		5.9
X	disastrosissima	Distruzione	6.5
XI	catastrofica		7.0
XII	grande catastrofe		> 7.3

Fig. 6.2 - Relazioni tra Intensità massima I_{max} (Intensità epicentrale I_0) scala MCS e M_w , M_0

Per il calcolo della Magnitudo di terremoti piccoli o moderati a distanza locale o regionale è stata introdotta nel 1972 la **Magnitudo di Durata (MD)**. E' basato sulla misura della durata del sismogramma. Il concetto di base è quello di ritenere a ragione che maggiore è la Magnitudo di un evento, maggiore sarà la durata della registrazione. Essendo molto semplice e immediato misurare la durata del sismogramma,

6.2 - Sismicità storica del territorio comunale di Lapio (Av)

La ricostruzione storica degli eventi sismici che hanno caratterizzato il territorio comunale viene fatta utilizzando il database macrosismico italiano DBMI15 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, dal quale emergono le seguenti informazioni:

Per il Comune di Lapio sono contemporati 17 eventi sismici (Fig. 6.3a,b) dei quali viene riportata l'intensità massima epicentrale, per alcuni $I_0 > X^\circ$ scala MCS e magnitudo momento $M_w > 6.5$.

Dalla consultazione dei siti dedicati alla sismicità storica, si evince che il terremoto del 1732 fu quello che colpì principalmente l'Irpinia, causando molti danni in un'area estesa dalla provincia di Benevento, alla Puglia e Basilicata. Non è stato possibile reperire notizie più dettagliate riguardo al comune di Lapio. Per il terremoto del 1980 vari studi sismici hanno evidenziato più fasi di rottura lungo differenti segmenti di faglia, propagatasi dall'ipocentro in rapidissima successione, ubicati nel substrato tra i Monti Marzano, Carpineta e Cervialto ed ancora verso S-E in direzione della Piana di San Gregorio Magno. Il conseguente spostamento delle superfici della faglia determinò la formazione di una scarpata osservabile per circa 35 chilometri

Per quanto concerne al territorio di Lapio, come viene riportato nello studio di microzonazione sismica, questo evento causò danni rilevanti in tutto il suo territorio; le unità edilizie danneggiate furono 467, le persone rimaste senzatetto furono 264 su un totale di 2073 abitanti (12,5%); non ci furono vittime. Furono fortemente danneggiate le chiese del Carmine, di S.Caterina e di S.Maria di Loreto e l'oratorio di S.Giuseppe.

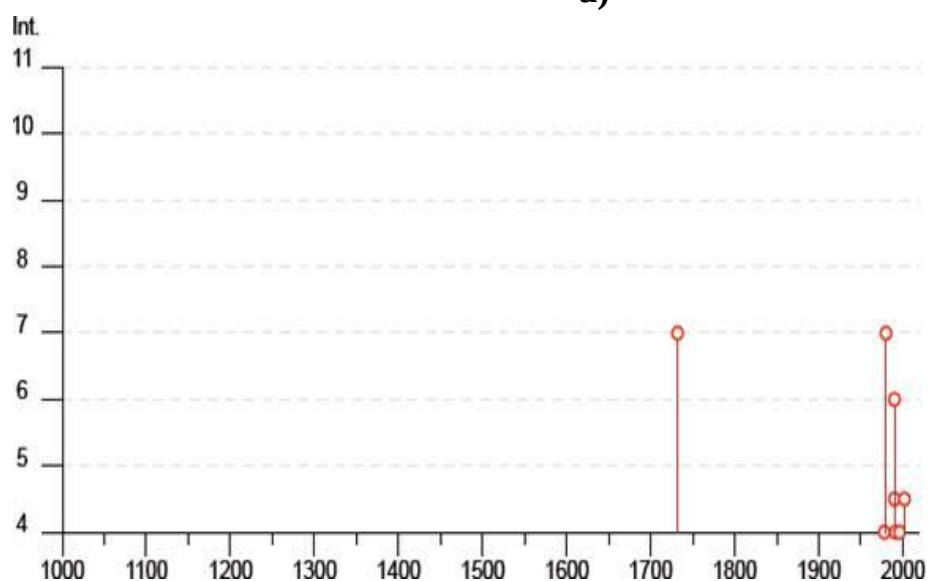
Lapio

Provincia Avellino

Numero di eventi riportati 17

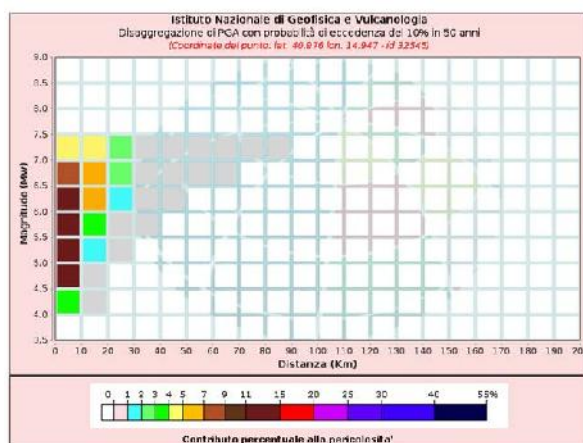
Effetti	In occasione del terremoto del										NMDP	Io	Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale						
F	1688	06	05	15	30		Sannio				215	11	7.06
7	1732	11	29	07	40		Irpinia				183	10-11	6.75
4	1978	02	08	04	10	2	Irpinia				100	5-6	4.44
7	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata				1394	10	6.81
NF	1983	09	20	16	28	4	Irpinia				19	5	3.96
NF	1984	05	07	17	50		Monti della Meta				912	8	5.86
4-5	1990	04	22	09	45	0	Sannio				74	6	3.98
6	1990	05	05	07	21	2	Potentino				1375		5.77
4	1991	05	26	12	25	5	Potentino				597	7	5.08
4	1996	04	03	13	04	3	Irpinia				557	6	4.90
NF	1997	03	19	23	10	5	Sannio-Matese				284	6	4.52
4-5	2002	11	01	15	09	0	Molise				638	7	5.72
NF	2003	06	01	15	45	1	Molise				501	5	4.44
NF	2004	02	24	05	21	2	Appennino lucano				140	5	4.21
NF	2004	09	03	00	04	1	Potentino				156	5	4.41
NF	2005	05	21	19	55	1	Area Nolana				271	5	4.07
NF	2006	05	29	02	20	0	Gargano				384		4.64

a)



b)

Fig. 6.3 – a) Tabella con indicazione del: -Numero di Macro seismic Data Point (NMDP) - Intensità epicentrale.(Io) - Magnitudo momento Mw., b) Tra i 17 terremoti, i più importanti (max intensità al sito) sono certamente da annoverare quelli del 29/11/1732 e del 23/11/80.



Distanza in Km	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0216	0.4980	0.8100	3.6200	5.3400	6.5100	4.6100	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0263	0.4460	1.3600	2.8300	3.3900	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0088	0.2410	0.7860	0.7040	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0151	0.2090	0.2500	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0305	0.0905	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0033	0.0288	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0052	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori medi: Magnitudo = 5.97; distanza = 8.93; epsilon = 0.915

Fig. 6.4 – Disaggregazione della pericolosità sismica tesa alla valutazione dei contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità dell’area di Latio

Dal calcolo della **disaggregazione della pericolosità**, che, come vedremo, si prefigge lo scopo di individuare il maggior contributo alla pericolosità del sito in termini di magnitudo - distanza di un evento sismico, si perviene alla conoscenza di importanti parametri sismologici. Per il territorio di Latio, in particolare, si evidenzia che il terremoto che potrà verificarsi con maggiore probabilità avrà $M = 5.97$, ad una distanza di 8.93 km dal centro del Comune (**Fig. 6.4**).

7_Azione sismica

7.1_Pericolosità sismica di base

Con l'entrata in vigore del D.M. 17/01/2018 è stato apportato un cambiamento della stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto, che viene calcolata direttamente per il sito in esame (**approccio "sito-dipendente"**). Infatti, la pericolosità sismica di base di un sito di costruzione che costituisce l'elemento di conoscenza fondamentale per la determinazione delle azioni sismiche di progetto, viene espressa in funzione dell'accelerazione orizzontale massima a_g , nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. I parametri del sito rigido ed orizzontale sono definiti su tutto il territorio nazionale in un numero di punti che formano un reticolo di riferimento (**Fig. 7.1**). Per ogni punto del reticolo, tramite le sue coordinate, vengono definiti i valori dei parametri spettrali dello **spettro di risposta elastico in accelerazione**, che nella sua forma di partenza viene espresso dalla forma spettrale riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5% (spettro normalizzato), moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale.

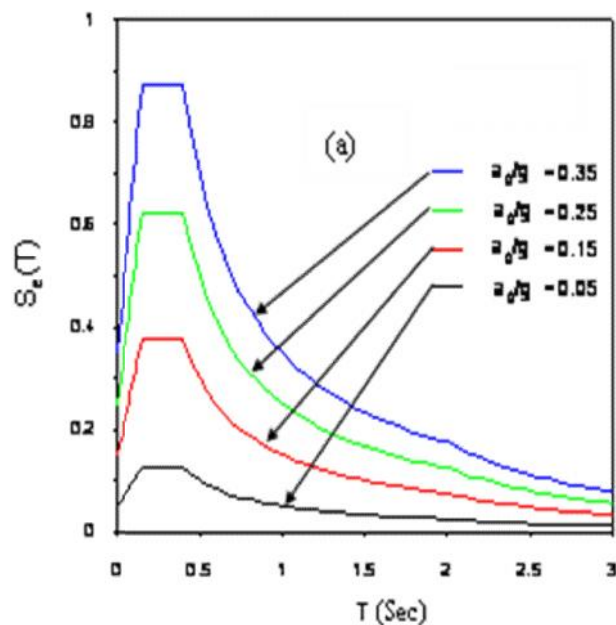


Fig. 7.1 - Diagramma $S_e(T)$ = accelerazione spettrale, T = Periodo di vibrazione. Nella sua forma di partenza viene espresso dalla forma spettrale riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5% (spettro normalizzato), moltiplicata per il valore dell' accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale.

I parametri spettrali vengono così definiti:

a_g , F_0 , T^*C , dove:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 - valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^* - periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla norma sono dati i valori dei tre parametri sopra citati, per tutti i siti considerati, in base ad un reticolo di riferimento basato su periodi di ritorno compresi nell'intervallo 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni.

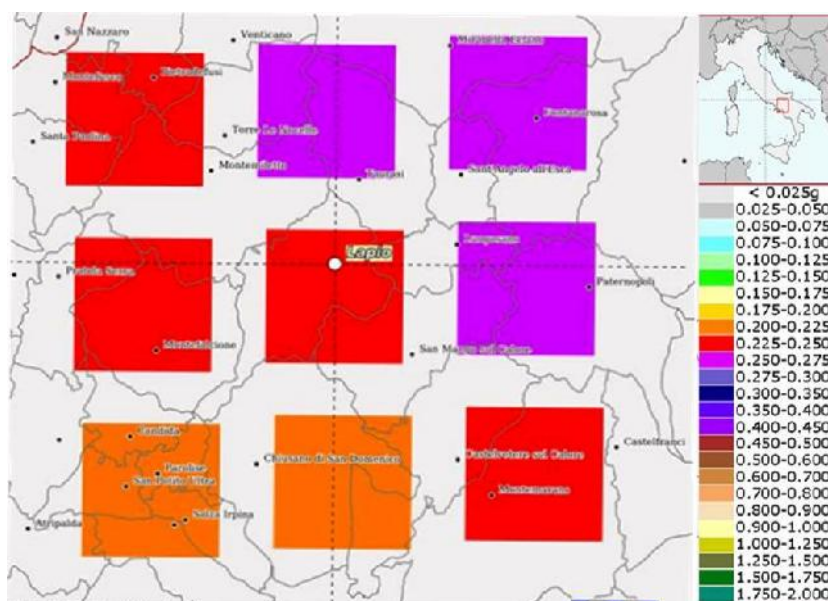


Fig. 7.1 – Ubicazione nella griglia di pericolosità sismica del territorio di Lapio

Per un qualunque punto del territorio non posizionato sui nodi del reticolo di riferimento, i valori dei suddetti parametri spettrali, a_g , F_0 , T^* possono essere calcolati come media pesata dei valori dei parametri spettrali assunti in ciascuno dei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che circondano il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione con ciascuno dei quattro vertici. Possiamo, quindi, ricavare i valori dei parametri d'interesse $P(a_g, F_0, T^*)$, applicando la relazione (1).

$(1) \quad P = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{P_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$	dove: p = valore del parametro di interesse nel punto in esame; p_i = valore del parametro di interesse nell'i-esimo punto elementare contenente il punto in esame; d_i = distanza del punto in esame dall'i-esimo punto della maglia suddetta.
---	--

Per un tempo di ritorno differente da uno dei 9 elencati in precedenza, è possibile ricavare il valore del parametro di interesse mediante interpolazione tra i valori dei parametri corrispondenti ai due tempi di ritorno TR1 e TR2 (dei nove forniti per ognuno dei nodi del reticolo di riferimento) che comprendono il tempo di ritorno TR che si vuole conoscere, mediante la relazione (2):

$$\log(P) = \log(P1) + \log\left(\frac{P2}{P1}\right) \times \log\left(\frac{TR}{TR1}\right) \times \left[\log\left(\frac{TR2}{TR1}\right)\right]^{-1} \quad (2)$$

P è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno TR;

TR è relativo ai parametri riguardanti la sicurezza e l'efficienza delle prestazioni della struttura da costruire nel sito d'interesse, (vedi prossimo paragrafo);

TR1, TR2 sono i periodi di ritorno più prossimi a TR per i quali si dispone dei valori P1 e P2 del generico parametro P (a_g, F_0, T^*)

7.2_Parametri rappresentativi della sicurezza e dell'efficienza di una struttura

I parametri necessari per definire l'azione sismica di progetto, strettamente dipendenti dalle caratteristiche dell'opera da realizzare, sono: *Vita Nominale*, *Classe d'Uso* e *Periodo di Riferimento* (§ 2.4 NTC 2018):

□ Vita Nominale di Progetto

La scelta di questo parametro è fondamentale per la determinazione dell'azione sismica con la quale si progetta una costruzione. Nella Tab. 7.1 viene riportato il concetto di V_N in relazione al numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. L'iter progettuale seguito per gli edifici di nuova costruzione deve attenersi strettamente ad una procedura incentrata sulla valutazione della sicurezza delle strutture,

in termini di resistenza e di funzionalità.

Vita Nominale (VN)				
Tipi di costruzioni			Valori minimi di V_N (Anni)	
1	Costruzioni temporanee e provvisorie		10	
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari		50	
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati		100	

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

Periodo di Riferimento

$$V_R = V_N \times C_U$$

PVR = Probabilità di eccedenza

Tr = Tempo di ritorno

$$Tr = \frac{V_N}{\ln(1 - PVR)}$$

Tab.. 7.1 – Relazioni tra i parametri rappresentativi della sicurezza e dell'efficienza di una struttura

□ **Classe d'Uso (C_U)**

Questo concetto è riferito alle azioni sismiche che potrebbero produrre interruzioni di operatività o un eventuale collasso della struttura, in cui il **coefficiente d'uso (C_U)** viene definisce la variazione della classe d'uso (**Tab. 7.1**). Le azioni sismiche vengono, inoltre, valutate in relazione ad un **Periodo di Riferimento (V_R)** dell'azione sismica, che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U , (**Tab.. 7.1**). Il periodo di riferimento V_R di una costruzione è un ulteriore importante parametro da considerare, poichè, assumendo la legge di ricorrenza dell'azione sismica come un processo Poissoniano, che, come è noto, esprime la probabilità che in una data unità di tempo si ripetano un certo numero n di eventi, viene utilizzato per valutare, fissata la probabilità di superamento PV_R corrispondente allo stato limite considerato, il periodo di ritorno T_R dell'azione sismica a cui fare riferimento (**Tab. 7.1**).

Vita nominale V_N	Valori di V_R			
	Classe d'uso			
	I	II	III	IV
≤ 10	35	35	35	35
≥ 50	≥ 35	≥ 50	≥ 75	≥ 100
≥ 100	≥ 70	≥ 100	≥ 150	≥ 200

Tab. 7.2 – Valori di $V_R = V_N \times CU$. Fanno eccezione i valori di V_R ottenuti per $V_N \leq 10$, ovvero ≤ 35 anni, per i quali si pone comunque $V_R = 35$ anni

□ Stati limite

□ Stati limite

Si differenziano in stati di **esercizio** e **ultimi** e vengono individuati rispetto alle prestazioni della costruzione nei confronti delle azioni sismiche.

Stati limite di esercizio:

-Stato Limite di Operatività (SLO)

-Stato Limite di Danno (SLD)

Stati limite ultimi:

-Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)

-Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)

In funzione del periodo di riferimento (V_R), a cui sono associate le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, indicate in termini percentuali nella **Tab. 7.3**, alle quali riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati.

Per ciascuna probabilità di superamento P_{VR} vengono definite le forme spettrali riferimento, a partire dai tre parametri validi per sito rigido orizzontale (ag , $F0$, T^*).

Stati Limite		P _{VR}
Stati limitedi esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limiteultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tab. 7.3 - Probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite considerato ,

7.3_Pericolosità sismica di progetto

I valori di partenza dei parametri **ag, F0, T*c** che caratterizzano sismicamente un sito di progetto, che presenta situazioni geologiche con assenza di effetti locali dei terreni, sono riconducibili ad un substrato sismico con **Vs>800m/s**, in affioramento o sub-affiorante ed in condizioni morfologiche pianeggianti.

Nel caso in cui il sito di progetto presenti altre tipologie di substrati con presenza di effetti locali dei terreni, sarà necessario, procedere alla valutazione della risposta sismica locale,. seguendo due tipi di procedure:

- Nel primo, si segue un **approccio semplificato** per il quale è di fondamentale importanza l'individuazione, entro i 30m di profondità dal piano campagna, la definizione della categoria sismica del sottosuolo al di sopra del quale deve essere realizzata un'opera.
- Nel secondo si ricorre ad un **approccio numerico** mono o bidimensionale per particolari costruttivi complessi o per contesti geologico-morfologici particolari (Classe d'Uso III - IV, situazioni stratigrafiche e/o topografiche complesse, condizioni di sottosuolo non classificabili nelle tipologie, utilizzo di accelerogrammi naturali).

Il parametro più importante per l'adozione dell'approccio semplificato, che verrà adottato per il presente lavoro, è la conoscenza della **Classificazione del sottosuolo in prospettiva sismica**, che si effettua mediante il calcolo della Velocità Equivalente (Vs eq.), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = H / \sum_{i=1..N} (h_i / V_{S,i})$$

h_i = spessore dell'i-esimo strato (in m);

Vs = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato (in m/s);

N = numero di strati

H = profondità del **Substrato Sismico** (in m), definito come quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da **Vs non inferiore a 800 m/s**.

Per profondità H del substrato superiore a 30 m; in questo caso la velocità equivalente delle onde di taglio Vseq è definita dal parametro Vs30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo di riferimento vengono mostrate nella **Tab. 7.2**, dalla quale si evince che l'orizzonte che si identifica con il bedrock, come osservato in precedenza, non subisce variazioni sostanziali nell'amplificazione

sismica, propagandosi in superficie entro un suolo di tipo A, cioè, roccia affiorante o suolo omogeneo molto rigido.

A – Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio > a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche più scadenti con spessore massimo di 3 m; B – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{eq} compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec; C – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori della V_{eq} compresi tra 180 ms e 360 m/sec; D – Depositi a grana grossa scarsamente addensati o da terreni a grana fine scarsamente addensati, con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{eq} compresi tra 100m/sec e 180 m/sec; E – Terreni con caratteristiche e valori di V_{eq} riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m.

Tab. 7.4 - Categorie di sottosuolo

7.4_ Valutazione dell'azione sismica

Valutati i parametri spettrali ag , $F0$, T^*c per il sito di progetto, corretti per il calcolo del periodo di ritorno (TR) necessario, incrementati per l'amplificazione stratigrafica e topografica e sulla base della classe d'uso della costruzione, sarà possibile definire gli spettri di risposta in termini di accelerazione orizzontali e verticali, necessari per la stima dell'azione sismica di progetto.

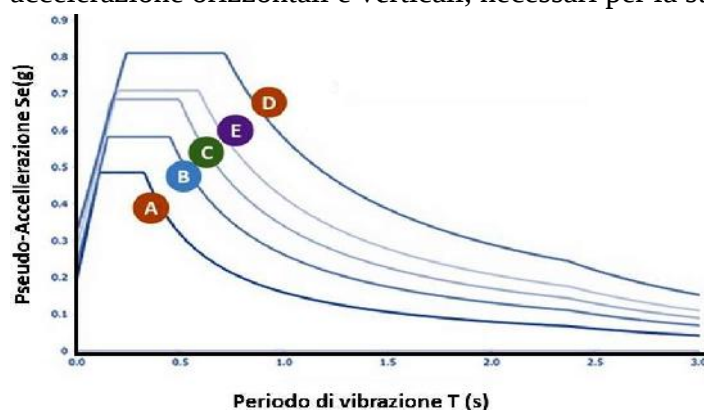


Fig. 7.2 - Gli spettri di risposta elastici come da prescrizioni delle NTC2018, per un dato sito in rapporto alle diverse categorie di sottosuolo. indicate in Tab. 7.4

La **Fig. 7.3** mostra lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale, costruito nel diagramma **S** - **T** in cui il primo termine è l'accelerazione spettrale orizzontale, il secondo il Periodo di vibrazione della struttura. Nella stessa Figura vengono riportate le espressioni che definiscono lo spettro, dove si rinvencono inoltre i seguenti parametri:

S - coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche
(vedi Tab. 7.5 – 7.6)

$$S = S_s \times S_T$$

η - fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55$$

dove **ξ** (espresso in percentuale) è valutato sulla base dei materiali, della tipologia strutturale e del terreno di fondazione;

F_o - fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

Un ruolo ben definito nella costruzione dello spettro viene svolto da i periodi di riferimento **T_B**, **T_C** e **T_D**. (**Fig. 7.3**):

• **T_C** è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato dalla relazione:

$$T_C = C_c \cdot T_C^*$$

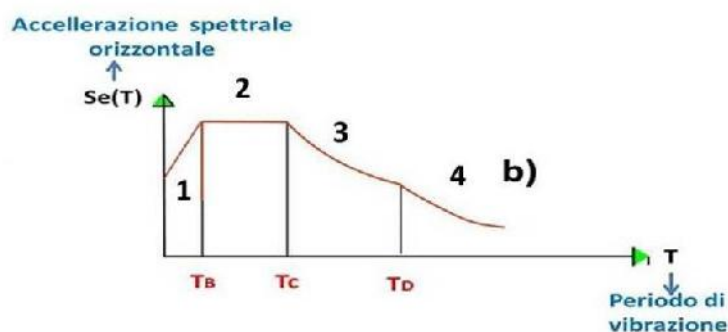
dove: **T_C^{*}** è il valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale e **C_c** è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (**Tab. 7.5**).

• **T_B** è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, dato dalla relazione

$$T_B = T_C / 3$$

• **T_D** è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6$$



$$\begin{aligned}
 1 \quad 0 \leq T < T_B \quad S_e(T) &= a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 2 \quad T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) &= a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 3 \quad T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) &= a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 4 \quad T_D \leq T \quad S_e(T) &= a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

Fig. 7.3 – Spettro di risposta elastica della componente orizzontale ed espressioni matematiche che lo definiscono

· 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	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tab. 7.5

· 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 di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tab. 7.6

Si ribadisce che tutte le fasi descritte in precedenza vengono esemplificate attraverso tre esempi basati su ipotesi progettuali relativa alla costruzione di un edificio, ubicato di volta in volta, in

diversi contesti di caratteristiche di sottosuolo e topografiche nell'ambito territoriale, riportati nella tabella 8.2 (Appendice 1).

8_Distribuzione a scala territoriale dei valori della V_{seq} in rapporto al bedrock sismico

Il territorio di Lapio è stato oggetto di uno studio di Microzonazione Sismica di 1° livello (dott. Geol. A. Pasquale), teso alla conoscenza delle condizioni geologiche potenzialmente in grado di determinare una alterazione del moto sismico.

Dal predetto studio è scaturita la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), nella quale, sulla base dei dati raccolti, finalizzati alla realizzazione del modello geologico e sismico del sottosuolo, sono state individuate, nell'ambito di tutto il territorio comunale, una serie di zone, così distinte: 1) zone stabili non suscettibili di effetti di amplificazione sismica, 2) N° 7 zone stabili, suscettibili di amplificazioni locali, 3) zone instabili, in quanto suscettibili di attivazione di fenomeni gravitativi e di potenziale liquefazione.

Nel presente studio, sulla base delle conoscenze acquisite dagli studi pregressi e sulla base dell'iter procedurale descritto nei precedenti capitoli, è stato ritenuto opportuno eseguire, a corredo del redigendo PUC, uno studio nell'ambito delle zone dove sono stati effettuati i nuovi sondaggi stratigrafici con associate caratterizzazioni geotecniche dei terreni via via in profondità. L'intento di questo studio è stato quello di fornire uno strumento di utilità attraverso la realizzazione della cartografia delle caratteristiche sismiche dei suoli di fondazione, che, come precedentemente osservato, costituiscono un parametro fondamentale, in rapporto all'approccio semplificato, teso alla costruzione dello Spettro di risposta elastico in termini di accelerazione delle componenti spaziali del moto. I risultati delle prove sismiche con tipologia MASW, recentemente eseguite sul territorio comunale, unitamente a tutte quelle disponibili effettuate per gli studi pregressi vengono riportati in

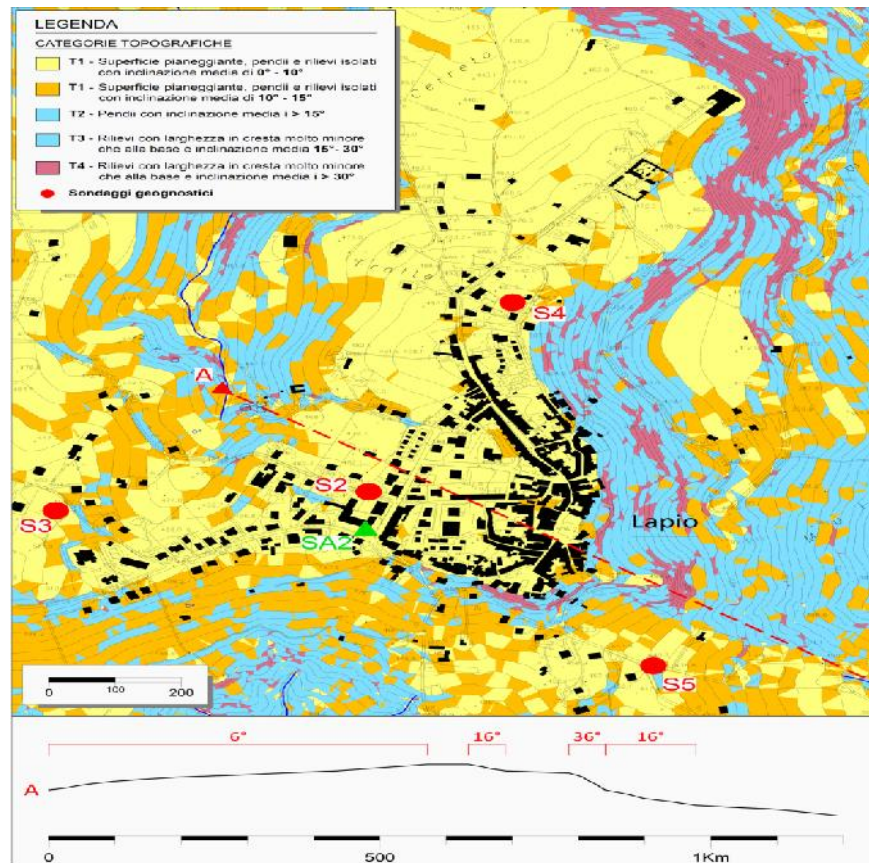
Indagini MASW	Stazioni	$V_{s.eq}$ (quota p.c.)	Categoria sottosuolo	$V_{s.eq}$ (quota -2.0m p.c.)	Categoria sottosuolo
PUC	1	243	E	245	E
	2	410	B	483	B
	3	271	C	294	C
	4	795*	A	795	A
	5	436	B	496	B
Mzs	1	324	C	372	B
	2	284	C	320	C
	3	368	B	412	B
	4	296	C	327	C
	5	294	C	325	C
	6	462	B	465	B
	7	410	B	416	B
	8	271	E	>800	A
	9	534	B	>800	A
	10	250	E	>800	A
	11	259	E	329	E
Depuratore		258	C	276	C
Scuola		290	C	322	C

(*) Valore della V_s assimilabile al bedrock per contrasto d'impedenza sismica con la copertura

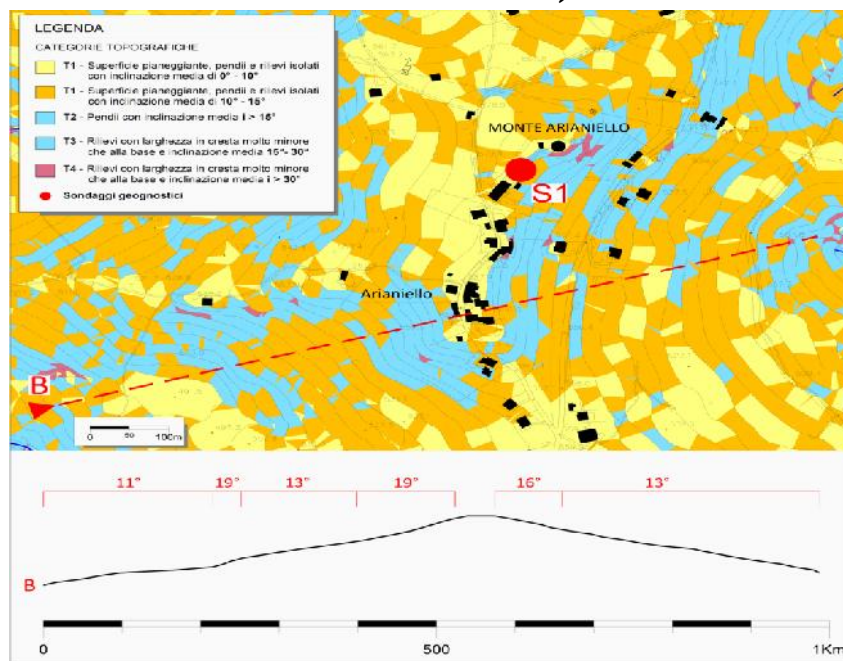
PUC – Piano Urbanistico Comunale

Mzs – Microzonazione sismica

Tab. 8.1



a)



b)

Fig. 8.1 – a) stralcio della distribuzione delle categorie topografiche nell’area del centro Storico, b) stralcio della distribuzione delle categorie topografiche nell’area collinare della frazione Arianello. I profili topografici tracciati in entrambe le località danno una chiara visione delle morfologie che possono indurre un’amplificazione del moto sismico

E' il caso di osservare che la zona caratterizzata dalle tipologie di suolo A e B, presenta il settore orientale ubicato in prossimità della scarpata (vedi profilo di Fig. 8.1^a). In questa posizione può essere interessato da effetti di amplificazione sismica, come evidenziato anche nello Studio di Microzonazione Sismica di primo livello.

3) Carta delle categorie di sottosuolo a partire da 2m dal piano campagna. Nella Tabella 8.1 si osserva che le categorie di sottosuolo della prima colonna sono riferite a quota piano campagna. Tuttavia la normativa indica che in caso di costruzioni di edifici con **fondazioni superficiali** la profondità di riferimento delle V_{seq} è quella del *piano di imposta* delle stesse fondazioni. In virtù di questa indicazione è stato ipotizzato il calcolo delle Velocità Equivalenti ad una quota ipotetica di - 2m dal p.c. In relazione a tale variazione si osserva, nei dati riportati nella colonna 2 della stessa tabella, un generale incremento delle velocità equivalenti, tale che per alcuni punti con profondità del substrato di poco superiori a tre metri dal piano campagna, si ha anche una variazione della categoria di sottosuolo, che in determinati casi comporta il passaggio da una categoria **E** ad una categoria **A**.

9_ La Stabilità Generale dell'area di studio

Il territorio comunale di Lapio è compreso nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI) della Ex Autorità di Bacino Liri Garigliano Volturno, attuale Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale. In riferimento anche alla perimetrazione del rischio frane del PSAI e' stata prodotta la carta della stabilità del territorio comunale, nella quale sono riportate le aree divise in tre classi di stabilità con particolare riferimento alla inclinazione dei versanti:

- *ZONE STABILI: Aree che presentano valori di inclinazione non superiore ai 10°. Si tratta delle aree della piana alluvionale, della fascia pedemontana di raccordo e delle aree sommitali subpianeggianti;*
- *ZONE POTENZIALMENTE INSTABILI Aree di versante che presentano valori di inclinazione superiore ai 10°;*
- *ZONE INSTABILI: Aree che presentano valori di inclinazione superiore ai 10° su cui sono state rilevate fenomenologie di dissesto individuate nel censimento della Autorità di Bacino competente per territorio, dall'inventario ISPRA dei fenomeni franosi IFFI e progetto Carta Geologica CARG.*

Data la particolare suscettibilità all'innesco di fenomeni franosi caratteristica dei termini litologici caratteristici dell'area di studio le aree così definite a scala comunale dovranno essere opportunamente analizzate sotto il profilo della stabilità per ogni intervento di trasformazione del territorio, con particolare riferimento alla azione di scavi e riporti coinvolgenti in particolar modo le coltri superficiali sciolte.

Considerazioni conclusive

In base allo studio delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, e idrologiche, sono stati enucleati i principali aspetti inerenti la pericolosità geologico-sismica del territorio comunale:

- Negli **All. n°2, 3, 6, 7** vengono presentate le informazioni geo-tettoniche e geomorfologiche tese alla valutazione del Rischio di Frana localizzato sui versanti che insistono lateralmente alla cresta morfologica lungo la quale si estende lo spartiacque. Ovvero nell'ambito dei versanti nei quali si concentra la maggior parte dei fenomeni franosi, riconosciuti sul territorio anche da vari studi pregressi (Autorità di Bacino, Foglio Carg 446 Avellino) suddivisi in base alla tipologia ed al cinematisimo.

A tal riguardo, nell'**All. 7** trova una confermata l'osservazione riportata nello studio di microzonazione, in merito alla generale instabilità di questi settori del territorio comunale suscettibili di attivazione di fenomeni gravitativi, particolarmente in occasione di eventi sismici legati ad un fenomeno di potenziale liquefazione. Per quel che concerne l'esistenza di questa fenomenologia in altre zone del territorio comunale, ulteriori informazioni sulla presenza della falda e della sua profondità in rapporto alle caratteristiche granulometriche dei terreni potranno essere acquisite dalle indagini puntuali nelle aree di progetto. .

- Le acquisizioni della profondità del Bed Rock sismico e delle categorie di sottosuolo vengono riportate nelle cartografie 1^a e 2^a dell'**All. 9**. Si tratta di parametri per i quali è stato possibile definire delle categorie medie delle classi di sottosuolo **A, B, C, E**, desunte per valori delle **Vseq.** al Piano Campagna.

Allo stesso modo, sulla base dell'acquisizione dei dati clivo-altimetrici, sono stati definiti degli stralci cartografici delle diverse Categorie Topografiche, relativi alle aree di interesse progettuale del territorio comunale, evidenziando l'estensione di tali categorie in rapporto alla collocazione geografica. In merito a questo aspetto si fa osservare che in alcuni settori (Scarpata in adiacenza al centro storico – Fig. 8.1a, Arianiello - Fig. 8.1b), le caratteristiche topografiche apportano un sostanziale aumento dell'amplificazione sismica locale.

- Infine, si intende ribadire che la definizione della zonazione di gran parte del territorio comunale rispetto alle categorie di suoli A, B, C, E (All. 9), costituisce un mero indirizzo per future attività di pianificazione. Non presenta, quindi, una valenza puntuale, ovvero, non può ritenersi esauriente per una caratterizzazione completa di un sito di progetto. Questa osservazione trova una ulteriore conferma sulla base delle risultanze ottenute dalle considerazioni sulla variazione della categoria sismica del substrato in rapporto alla quota di acquisizione della **Vseq** (vedi 3^a cartografia dell'**All.9**), accertamento a cui si perviene provvedendo ad effettuare una specifica determinazione del comportamento sismico dei terreni sul sito di progetto.

Nella Appendice 2 si riportano due casi relativi allo stesso sito, i cui parametri in input contemplano rispettivamente categorie di sottosuolo **E** ed **A**. La tabella successiva riporta la sintesi dei casi in input per gli esempi riportati in appendice (Tab.8.2).

Siti esecuzione MASW	Coordinate (ED50)	Categoria Sottosuolo	Categoria topografica	Vita nominale costruzione	Classe d'uso
n.1 (PUC)	Latitudine 40.972935	E	T2	50	II
	Longitudine 14.926415				
n.2 (PUC)	Latitudine 40.983063	B	T1	50	II
	Longitudine 14.94684				
n.3 (PUC)	Latitudine 40.987941	C	T1	50	II
	Longitudine 14.949548				
n.8 (Mzs) ■ Piano Campagna	Latitudine 40.983786	E	T1	50	II
	Longitudine 14.948664				
n.8 (Mzs) ■ - 2 m Piano Campagna	Latitudine 40.983786	A	T1	50	II
	Longitudine 14.948664				

Tab.8.2

Di seguito si riportano le Appendici 1 e 2

Appendice 1

Sito 1 (Località Arianiello “Serbatoio”)

Coordinate del sito

WGS84 40.971944, 14.925556

ED50 40.972935, 14.926415

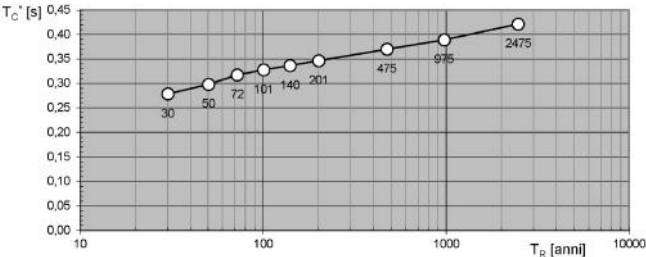
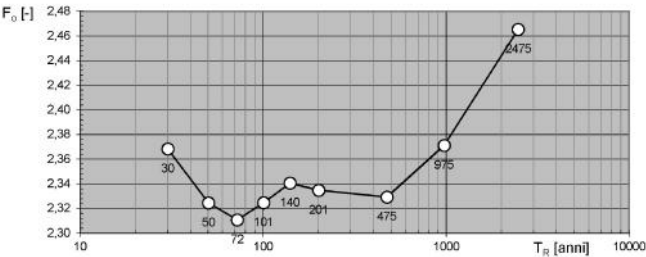
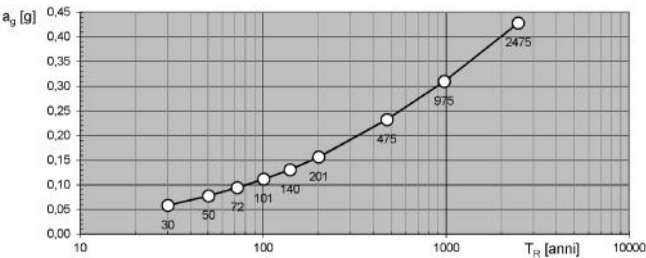
(I dati sono stati estrapolati dal foglio ministeriale **Spettri di Risposta ver. 1.0.3**)

PARAMETRI DI BASE

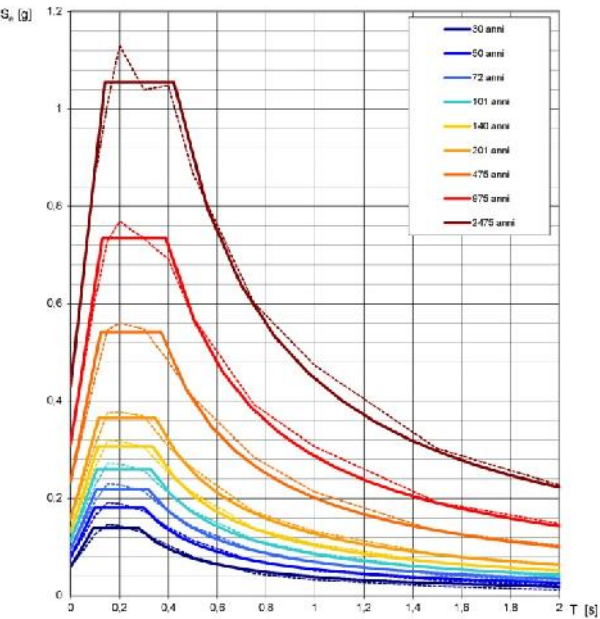
Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,058	2,368	0,279
50	0,078	2,325	0,298
72	0,095	2,311	0,318
101	0,112	2,325	0,328
140	0,131	2,341	0,336
201	0,157	2,335	0,347
475	0,232	2,329	0,370
975	0,310	2,371	0,389
2475	0,428	2,465	0,422

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto
S1-INGV da cui sono derivati.

STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

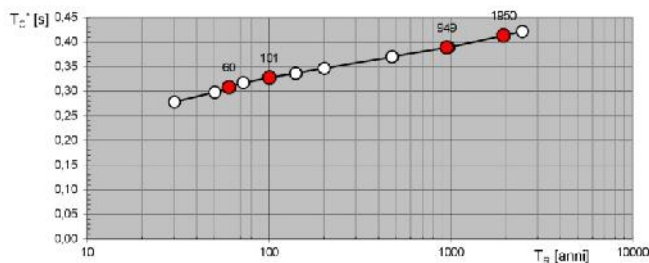
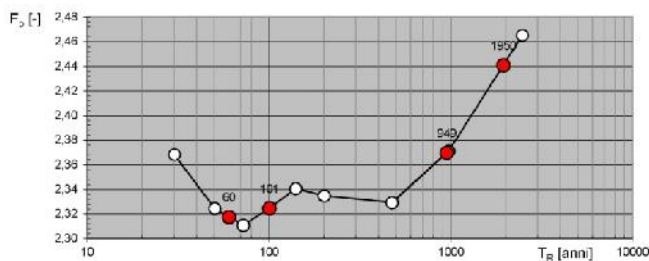
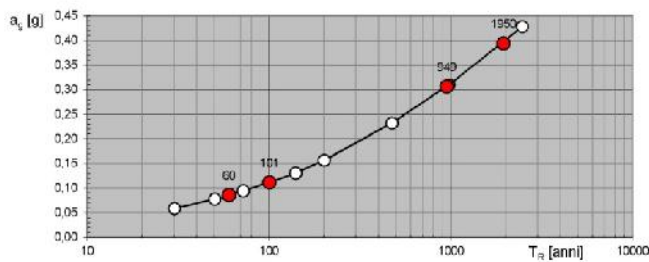
Vita nominale della sostruzione $V_n=50$

Coefficiente d'uso della costruzione $C_u=II$

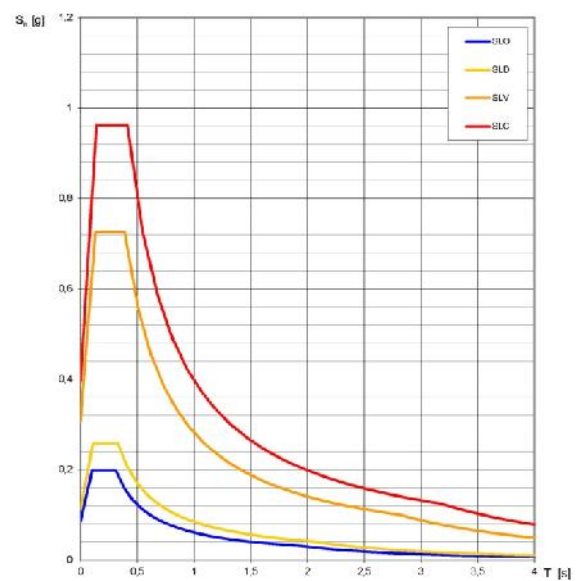
Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	60	0,086	2,318	0,308
SLD	101	0,112	2,325	0,328
SLV	949	0,306	2,370	0,388
SLC	1950	0,394	2,441	0,413

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



AZIONI DI PROGETTO

Categoria di sottosuolo = E

Categoria topografica = T2

STATO LIMITE DI OPERATIVITA' (SLO)

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLO

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_g	0,086 g
F_a	2,316
T_C	0,308 s
S_S	1,600
C_C	1,842
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,600
η	1,000
T_B	0,189 s
T_C	0,567 s
T_D	1,944 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$
$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6, § 3.2.3.5})$$
$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$
$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$
$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$
$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$
$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0,000	0,138
0,189	0,319
0,567	0,319
0,633	0,286
0,698	0,259
0,764	0,237
0,829	0,218
0,895	0,202
0,960	0,188
1,026	0,176
1,092	0,166
1,157	0,156
1,223	0,148
1,288	0,140
1,354	0,134
1,419	0,127
1,485	0,122
1,550	0,117
1,616	0,112
1,682	0,107
1,747	0,103
1,813	0,100
1,878	0,096
1,944	0,093
2,042	0,084
2,140	0,077
2,238	0,070
2,335	0,064
2,433	0,059
2,531	0,055
2,629	0,051
2,727	0,047
2,825	0,044
2,923	0,041
3,021	0,038
3,119	0,036
3,217	0,034
3,315	0,032
3,413	0,030
3,510	0,029
3,608	0,027
3,706	0,026
3,804	0,024
3,902	0,023
4,000	0,022

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLO

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_{gv}	0,034 g
S_{Sv}	1,000
S_{Tv}	1,000
q_v	1,500
T_{Bv}	0,050 s
T_{Cv}	0,150 s
T_{Dv}	1,000 s

Parametri dipendenti

F_{gv}	0,917
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_{Sv} \cdot S_{Tv} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$
$$\eta = 1/q_v \quad (\text{NTC-08 § 3.2.3.5})$$
$$F_{gv} = 1,35 \cdot F_{gv}^* \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

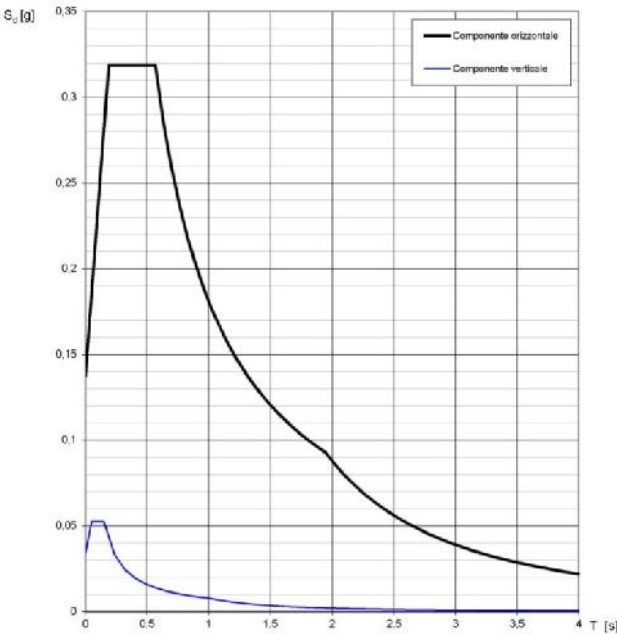
Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_{Bv} \quad S_{ev}(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_{gv} \cdot \left[\frac{T}{T_{Bv}} + \frac{1}{\eta \cdot F_{gv}} \left(1 - \frac{T}{T_{Bv}} \right) \right]$$
$$T_{Bv} \leq T < T_{Cv} \quad S_{ev}(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_{gv}$$
$$T_{Cv} \leq T < T_{Dv} \quad S_{ev}(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_{gv} \cdot \left(\frac{T_{Cv}}{T} \right)$$
$$T_{Dv} \leq T \quad S_{ev}(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_{gv} \cdot \left(\frac{T_{Cv} \cdot T_{Dv}}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0,000	0,034
0,050	0,053
0,150	0,053
0,235	0,034
0,320	0,025
0,405	0,019
0,490	0,016
0,575	0,014
0,660	0,012
0,745	0,011
0,830	0,009
0,915	0,009
1,000	0,008
1,094	0,007
1,188	0,006
1,281	0,005
1,375	0,004
1,469	0,004
1,563	0,003
1,656	0,003
1,750	0,003
1,844	0,002
1,938	0,002
2,031	0,002
2,125	0,002
2,219	0,002
2,313	0,001
2,406	0,001
2,500	0,001
2,594	0,001
2,688	0,001
2,781	0,001
2,875	0,001
2,969	0,001
3,063	0,001
3,156	0,001
3,250	0,001
3,344	0,001
3,438	0,001
3,531	0,001
3,625	0,001
3,719	0,001
3,813	0,001
3,906	0,001
4,000	0,000

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLO



STATO LIMITE DI DANNO (SLD)

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0,112 g
F_a	2,325
T_a	0,326 s
S_a	1,600
C_c	1,797
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,600
η	1,000
T_B	0,196 s
T_C	0,589 s
T_D	2,046 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_B \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55, \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_a^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_a} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0,000	0,179
0,196	0,415
0,589	0,415
0,658	0,371
0,728	0,336
0,797	0,307
0,866	0,282
0,936	0,261
1,005	0,243
1,075	0,227
1,144	0,214
1,213	0,201
1,283	0,190
1,352	0,181
1,422	0,172
1,491	0,164
1,560	0,157
1,630	0,150
1,699	0,144
1,769	0,138
1,838	0,133
1,908	0,128
1,977	0,124
2,046	0,119
2,139	0,109
2,232	0,100
2,325	0,092
2,418	0,085
2,511	0,079
2,605	0,074
2,698	0,069
2,791	0,064
2,884	0,060
2,977	0,056
3,070	0,053
3,163	0,050
3,256	0,047
3,349	0,045
3,442	0,042
3,535	0,040
3,628	0,038
3,721	0,036
3,814	0,034
3,907	0,033
4,000	0,031

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{gv}	0,050 g
S_B	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,048
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_B \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_a \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

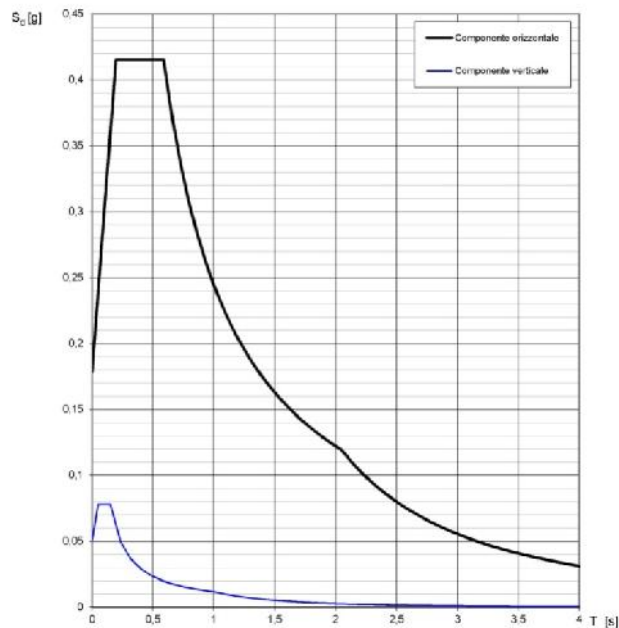
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0,000	0,050
0,050	0,078
0,150	0,078
0,235	0,050
0,320	0,037
0,405	0,029
0,490	0,024
0,575	0,020
0,660	0,018
0,745	0,016
0,830	0,014
0,915	0,013
1,000	0,012
1,094	0,010
1,188	0,008
1,281	0,007
1,375	0,006
1,469	0,005
1,563	0,005
1,656	0,004
1,750	0,004
1,844	0,003
1,938	0,003
2,031	0,003
2,125	0,003
2,219	0,002
2,313	0,002
2,406	0,002
2,500	0,002
2,594	0,002
2,688	0,002
2,781	0,002
2,875	0,001
2,969	0,001
3,063	0,001
3,156	0,001
3,250	0,001
3,344	0,001
3,438	0,001
3,531	0,001
3,625	0,001
3,719	0,001
3,813	0,001
3,906	0,001
4,000	0,001

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD



Appendice 2

Sito 8 (viale Sicilia)

Coordinate del sito

ED50 40.983786, 14.948664

(I dati sono stati estrapolati dal foglio ministeriale **Spettri di Risposta ver. 1.0.3**)

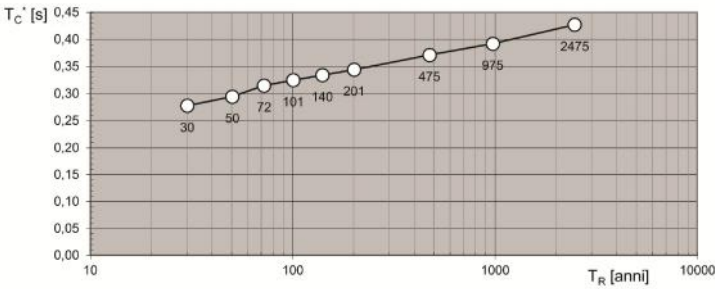
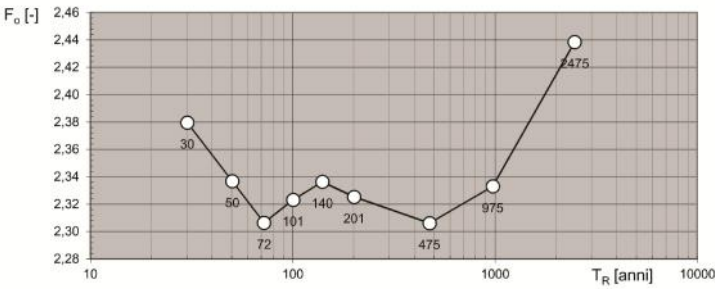
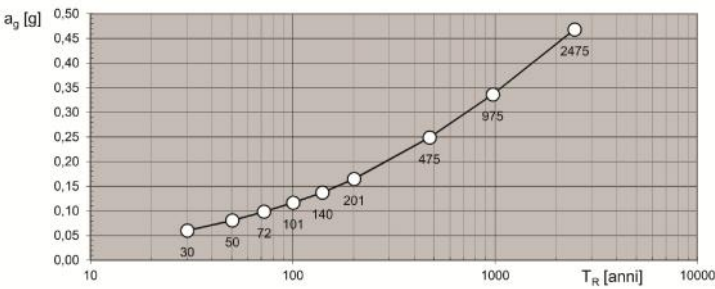
PARAMETRI DI BASE

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

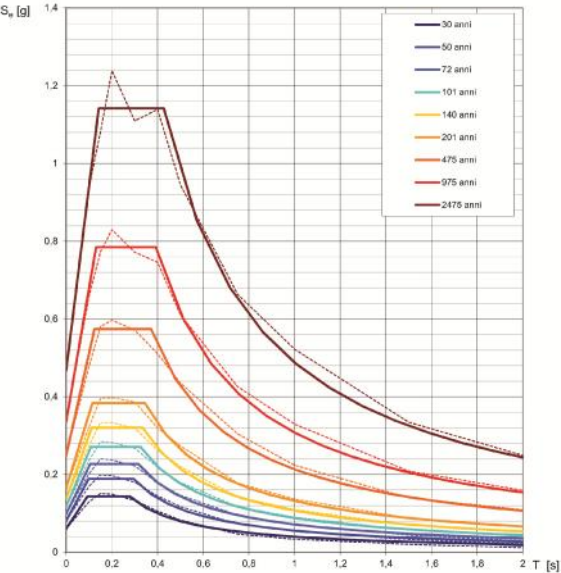
T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0.060	2.380	0.278
50	0.061	2.337	0.295
72	0.099	2.306	0.315
101	0.117	2.323	0.325
140	0.137	2.336	0.334
201	0.165	2.325	0.344
475	0.249	2.306	0.371
975	0.336	2.333	0.392
2475	0.468	2.438	0.427

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

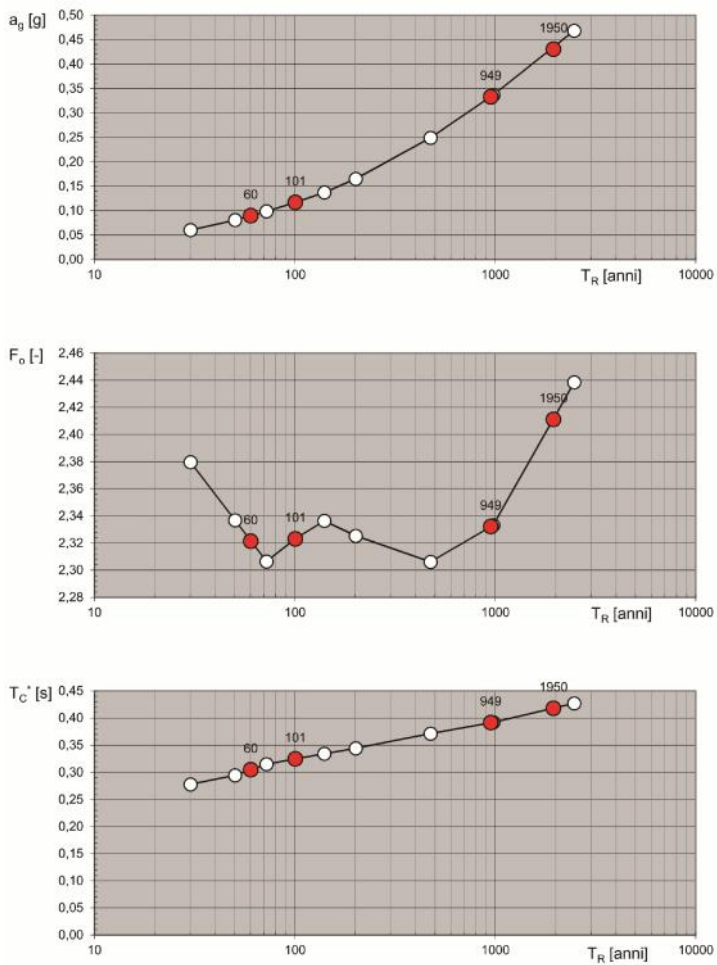
Vita nominale della sostruzione $V_n=50$

Coefficiente d'uso della costruzione $C_u=II$

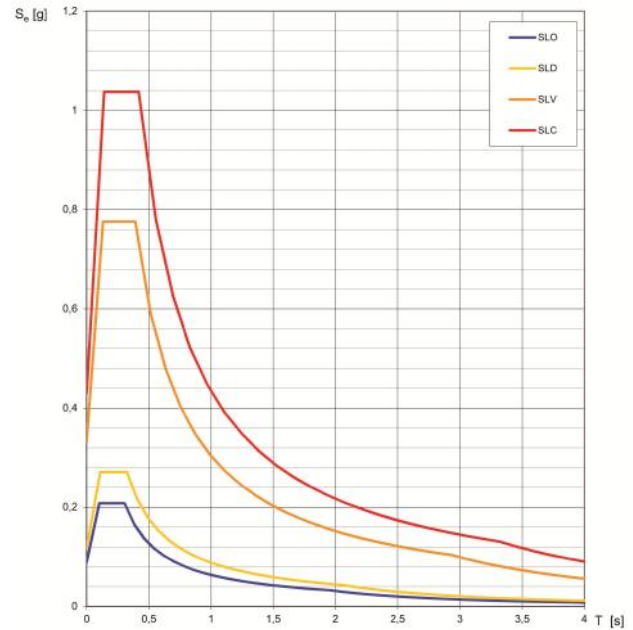
Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	60	0,089	2,321	0,305
SLD	101	0,117	2,323	0,325
SLV	949	0,333	2,332	0,391
SLC	1950	0,430	2,411	0,418

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C in funzione del periodo di ritorno T_R



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



AZIONI DI PROGETTO 1

Categoria di sottosuolo = E

Categoria topografica = T1

STATO LIMITE DI OPERATIVITA' (SLO)

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLO

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_g	0,089 g
F_0	2,321
T_C	0,305 s
S_B	1,600
C_C	1,850
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,600
η	1,000
T_B	0,188 s
T_C	0,564 s
T_D	1,957 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_B \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0,000	0,143
0,188	0,332
0,564	0,332
0,630	0,297
0,696	0,269
0,763	0,245
0,829	0,226
0,896	0,209
0,962	0,195
1,028	0,182
1,095	0,171
1,161	0,161
1,227	0,152
1,294	0,145
1,360	0,138
1,427	0,131
1,493	0,125
1,559	0,120
1,626	0,115
1,692	0,111
1,758	0,106
1,825	0,103
1,891	0,099
1,957	0,096
2,055	0,087
2,152	0,079
2,249	0,072
2,347	0,067
2,444	0,061
2,541	0,057
2,638	0,053
2,736	0,049
2,833	0,046
2,930	0,043
3,027	0,040
3,125	0,038
3,222	0,035
3,319	0,033
3,416	0,031
3,514	0,030
3,611	0,028
3,708	0,027
3,805	0,025
3,903	0,024
4,000	0,023

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLO

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_{gv}	0,036 g
S_B	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	0,937
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_B \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

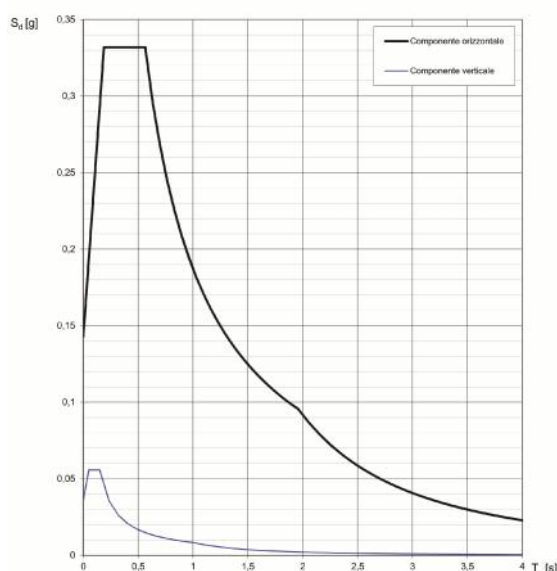
$$T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0,000	0,036
0,050	0,056
0,150	0,056
0,235	0,036
0,320	0,026
0,405	0,021
0,490	0,017
0,575	0,015
0,660	0,013
0,745	0,011
0,830	0,010
0,915	0,009
1,000	0,008
1,094	0,007
1,188	0,006
1,281	0,005
1,375	0,004
1,469	0,004
1,563	0,003
1,656	0,003
1,750	0,003
1,844	0,002
1,938	0,002
2,031	0,002
2,125	0,002
2,219	0,002
2,313	0,002
2,406	0,001
2,500	0,001
2,594	0,001
2,688	0,001
2,781	0,001
2,875	0,001
2,969	0,001
3,063	0,001
3,156	0,001
3,250	0,001
3,344	0,001
3,438	0,001
3,531	0,001
3,625	0,001
3,719	0,001
3,813	0,001
3,906	0,001
4,000	0,001

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLO



STATO LIMITE DI DANNO (SLD)

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_H	0,117 g
F_{aH}	2,323
T_C	0,325 s
S_S	1,600
C_C	1,803
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,600
η	1,000
T_B	0,195 s
T_C	0,586 s
T_D	2,066 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_H / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_e(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_d(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0,000	0,186
0,195	0,433
0,586	0,433
0,656	0,387
0,727	0,349
0,797	0,318
0,868	0,292
0,938	0,270
1,009	0,252
1,079	0,235
1,150	0,221
1,220	0,208
1,291	0,197
1,361	0,186
1,432	0,177
1,502	0,169
1,573	0,161
1,643	0,154
1,714	0,148
1,784	0,142
1,855	0,137
1,925	0,132
1,996	0,127
2,066	0,123
2,158	0,113
2,250	0,104
2,342	0,096
2,435	0,088
2,527	0,082
2,619	0,076
2,711	0,071
2,803	0,067
2,895	0,063
2,987	0,059
3,079	0,055
3,171	0,052
3,263	0,049
3,355	0,047
3,447	0,044
3,540	0,042
3,632	0,040
3,724	0,038
3,816	0,036
3,908	0,034
4,000	0,033

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{gV}	0,054 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,071
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_v \cdot \left(\frac{a_H}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

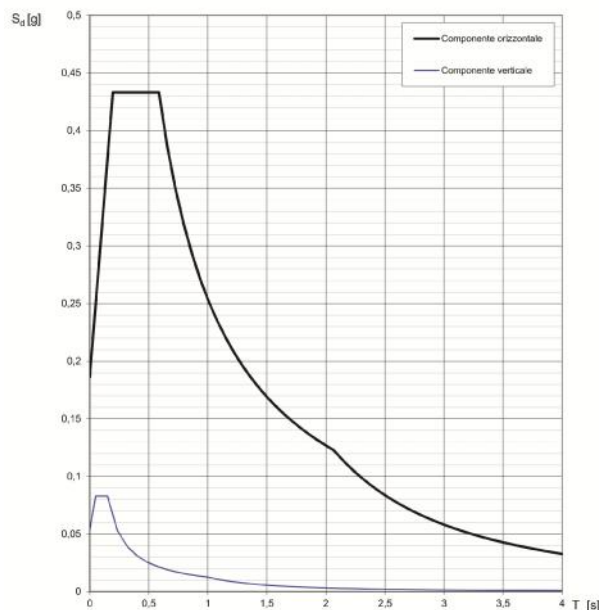
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0,000	0,054
0,050	0,083
0,150	0,083
0,235	0,053
0,320	0,039
0,405	0,031
0,490	0,025
0,575	0,022
0,660	0,019
0,745	0,017
0,830	0,015
0,915	0,014
1,000	0,012
1,094	0,010
1,188	0,009
1,281	0,008
1,375	0,007
1,469	0,006
1,563	0,005
1,656	0,005
1,750	0,004
1,844	0,004
1,938	0,003
2,031	0,003
2,125	0,003
2,219	0,003
2,313	0,002
2,406	0,002
2,500	0,002
2,594	0,002
2,688	0,002
2,781	0,002
2,875	0,002
2,969	0,001
3,063	0,001
3,156	0,001
3,250	0,001
3,344	0,001
3,438	0,001
3,531	0,001
3,625	0,001
3,719	0,001
3,813	0,001
3,906	0,001
4,000	0,001

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD



AZIONI DI PROGETTO 2

Categoria di sottosuolo = A

Categoria topografica = T1

STATO LIMITE DI OPERATIVITA' (SLO)

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLO

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_g	0,089 g
F_0	2,321
T_C	0,305 s
S_B	1,000
C_C	1,000
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,000
η	1,000
T_B	0,102 s
T_C	0,305 s
T_D	1,957 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_B \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$
$$\eta = \sqrt{10 / (S + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$
$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$
$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$
$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \right.$$
$$T_B \leq T < T_C \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \right.$$
$$T_C \leq T < T_D \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \right.$$
$$T_D \leq T \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right) \right.$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0,000	0,089
0,102	0,207
0,305	0,207
0,383	0,165
0,462	0,137
0,541	0,117
0,620	0,102
0,698	0,091
0,777	0,081
0,856	0,074
0,934	0,068
1,013	0,062
1,092	0,058
1,170	0,054
1,249	0,051
1,328	0,048
1,407	0,045
1,485	0,043
1,564	0,040
1,643	0,038
1,721	0,037
1,800	0,035
1,879	0,034
1,957	0,032
2,055	0,029
2,152	0,027
2,249	0,024
2,347	0,022
2,444	0,021
2,541	0,019
2,638	0,018
2,736	0,017
2,833	0,015
2,930	0,014
3,027	0,014
3,125	0,013
3,222	0,012
3,319	0,011
3,416	0,011
3,514	0,010
3,611	0,009
3,708	0,009
3,805	0,009
3,903	0,008
4,000	0,008

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLO

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_{gv}	0,036 g
S_B	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	0,937
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_B \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$
$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$
$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

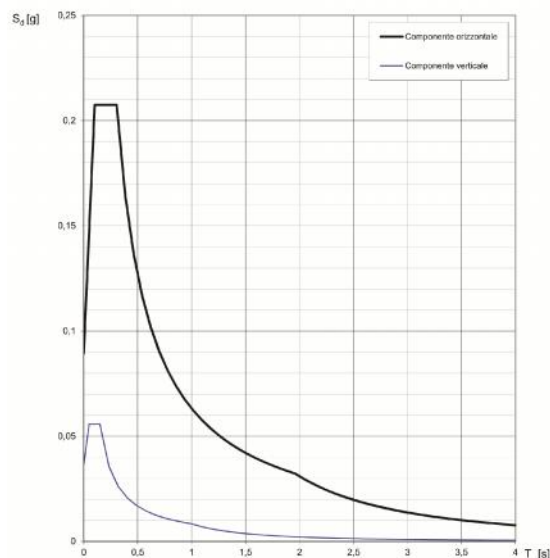
Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \right.$$
$$T_B \leq T < T_C \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \right.$$
$$T_C \leq T < T_D \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \right.$$
$$T_D \leq T \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right) \right.$$

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0,000	0,036
0,050	0,056
0,150	0,056
0,235	0,036
0,320	0,026
0,405	0,021
0,490	0,017
0,575	0,015
0,660	0,013
0,745	0,011
0,830	0,010
0,915	0,009
1,000	0,008
1,094	0,007
1,188	0,006
1,281	0,005
1,375	0,004
1,469	0,004
1,563	0,003
1,656	0,003
1,750	0,003
1,844	0,002
1,938	0,002
2,031	0,002
2,125	0,002
2,219	0,002
2,313	0,002
2,406	0,001
2,500	0,001
2,594	0,001
2,688	0,001
2,781	0,001
2,875	0,001
2,969	0,001
3,063	0,001
3,156	0,001
3,250	0,001
3,344	0,001
3,438	0,001
3,531	0,001
3,625	0,001
3,719	0,001
3,813	0,001
3,906	0,001
4,000	0,001

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLO



STATO LIMITE DI DANNO (SLD)

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{H1}	0,117 g
F_{D1}	2,323
T_{C1}	0,325 s
S_S	1,000
C_C	1,000
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,000
η	1,000
T_B	0,108 s
T_C	0,325 s
T_D	2,066 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \zeta)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0,000	0,117
0,108	0,271
0,325	0,271
0,408	0,216
0,491	0,179
0,573	0,153
0,656	0,134
0,739	0,119
0,822	0,107
0,905	0,097
0,988	0,089
1,071	0,082
1,154	0,076
1,237	0,071
1,320	0,067
1,403	0,063
1,486	0,059
1,569	0,056
1,652	0,053
1,735	0,051
1,817	0,048
1,900	0,046
1,983	0,044
2,066	0,043
2,158	0,039
2,250	0,036
2,342	0,033
2,435	0,031
2,527	0,028
2,619	0,026
2,711	0,025
2,803	0,023
2,895	0,022
2,987	0,020
3,079	0,019
3,171	0,018
3,263	0,017
3,355	0,016
3,447	0,015
3,540	0,014
3,632	0,014
3,724	0,013
3,816	0,012
3,908	0,012
4,000	0,011

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{Dv}	0,054 g
S_{Dv}	1,000
S_{Dv}	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,071
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_{Dv} \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0,000	0,054
0,050	0,083
0,150	0,083
0,235	0,053
0,320	0,039
0,405	0,031
0,490	0,026
0,575	0,022
0,660	0,019
0,745	0,017
0,830	0,015
0,915	0,014
1,000	0,012
1,094	0,010
1,188	0,009
1,281	0,008
1,375	0,007
1,469	0,006
1,563	0,005
1,656	0,005
1,750	0,004
1,844	0,004
1,938	0,003
2,031	0,003
2,125	0,003
2,219	0,003
2,313	0,002
2,406	0,002
2,500	0,002
2,594	0,002
2,688	0,002
2,781	0,002
2,875	0,002
2,969	0,001
3,063	0,001
3,156	0,001
3,250	0,001
3,344	0,001
3,438	0,001
3,531	0,001
3,625	0,001
3,719	0,001
3,813	0,001
3,906	0,001
4,000	0,001

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD

