



Dott. Alberto Manella
Studio di Geologia

Geologia Applicata | Geotecnica | Geologia Ambientale
Idrogeologia | Idrologia | Idraulica

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica

RELAZIONE GEOLOGICA E GENERALE

Committente

Comune di Endine Gaiano

Località

Comune di Endine Gaiano (BG)

Data

Luglio 2008

Relatore

Dott. Geol. Alberto Manella



via degli Alpini 12, 24064 Grumello del Monte (BG) | tel/fax 035 831209
C.F. MNLLRT69C23E219M | P.IVA 02383900160
alberto@studiomanella.it | www.studiomanella.it

INDICE

1 – PREMESSA	Pag.	2
2 – METODOLOGIA APPLICATA	»	3
2.1 – Fase di analisi	»	3
2.2 – Fase di sintesi / valutazione	»	6
2.3 – Fase di proposta	»	6
3 – ELEMENTI GEOGNOSTICI E MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO	»	6
3.1 – Elementi geognostici	»	7
3.2 – Modello geologico del sottosuolo	»	7
4 – PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	»	9
4.1 – Primo livello di approfondimento	»	10
4.2 – Secondo livello di approfondimento	»	10
5 – VINCOLI AMBIENTALI	»	13
5.1 – Vincolo di polizia idraulica	»	13
5.2 – Vincolo idrogeologico	»	14
5.3 – Area di rispetto e di tutela assoluta delle captazioni ad uso idropotabile	»	14
5.4 – Vincolo cimiteriale	»	15
5.5 – Vincolo paesaggistico	»	15
5.6 – Vincolo PAI	»	16
5.7 – Ambito territoriale estrattivo ATEc18	»	16
6 – FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO	»	17
7 – NORME GEOLOGICHE DI PIANO	»	17
Art. 1 – Classe di fattibilità 1	»	17
Art. 2 – Classe di fattibilità 2	»	18
Art. 3 – Classe di fattibilità 3	»	19
Art. 4 – Classe di fattibilità 4	»	21
Art. 5 – Aree in dissesto idraulico ed idrogeologico ai sensi del PAI	»	26
Art. 6 – Zone di protezione delle captazioni ad uso idroptabile	»	27
Art. 7 – Studi di approfondimento dello strumento geologico comunale ..	»	29
Art. 8 – Norme tecniche finalizzate agli studi di approfondimento per la progettazione antisismica degli interventi edilizi	»	29
8 – ALLEGATI	»	30
8.1 – Allegati alla relazione geologica e generale	»	30
8.2 – Cartografia tematica	»	31

1 - PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Endine Gaiano è stato eseguito l'aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica, così da adeguare lo strumento geologico alla normativa vigente ed al Piano di Governo del Territorio in corso di realizzazione.

Il Comune di Endine Gaiano è dotato di studio geologico approvato ai sensi della Legge 24-11-1997 n. 41 e redatto secondo i criteri stabiliti dalla D.G.R. 29-10-2001, n. 7/6645. Nel 2002 è stato eseguito lo studio delle conoidi alluvionali di Piangaiano, Valmaggiore, Tironega e San Felice, con la finalità di proporre l'aggiornamento e la modifica del quadro del dissesto PAI; nel 2007 è stato predisposto lo studio per l'individuazione del reticolo idrico superficiale principale e minore ai sensi della D.G.R. 25-01-2002 n. 7/7868 modificata dalla D.G.R. 01-08-2003 n. 7/13950.

Tutti i percorsi amministrativi ed autorizzativi sono stati ultimati con esito positivo e quindi allo stato attuale il Comune di Endine Gaiano possiede uno studio geologico a supporto dello strumento urbanistico ritenuto esaustivo anche per le verifiche di compatibilità di cui all'art. 18 delle Norme di Attuazione del PAI.

La Legge Regionale 11-03-2005 n. 12 ha introdotto un nuovo strumento di gestione del territorio comunale, caratterizzato da un innovativo approccio culturale alla materia urbanistica e denominato Piano di Governo del Territorio. La componente geologica assume una forte centralità, soprattutto nella definizione dei rischi esistenti sulla base dei quali devono essere operate le scelte di modificazione d'uso dei terreni. In adempimento alla suddetta legge la Regione Lombardia ha emanato la D.G.R. 22-12-2005 n. 8/1566, aggiornata con la D.G.R. 28-05-2008 n. 8/7374 contenente:

- le linee guida per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del territorio
- le indicazioni per l'aggiornamento degli studi geologici approvati
- le modalità di confronto fra gli strumenti di pianificazione comunale con gli atti di pianificazione sovraordinata (PTCP e PAI).

La direttiva regionale rappresenta un documento normativo molto avanzato, in quanto recepisce le "Norme Tecniche per le Costruzioni" del 2008 in materia di rischio sismico, traducendole nell'ambito della procedura di microzonazione da realizzare sulla base della classificazione sismica dei comuni lombardi.

Dal momento che l'Amministrazione Comunale di Endine intende procedere alla redazione del PGT si è reso necessario eseguire l'aggiornamento dello studio geologico per quanto concerne la componente sismica, applicando i criteri e le metodologie contenuti nella D.G.R. 22-12-2005 n. 8/1566.

2 - METODOLOGIA APPLICATA

La redazione della componente geologica prevede la suddivisione in tre fasi di lavoro, in ordine temporale di analisi, sintesi e proposta, con l'attuazione di operazioni differenti mirate all'obiettivo finale della zonazione del territorio.

2.1 – Fase di analisi

La **fase di analisi** è stata limitata al solo rischio sismico, in quanto lo studio precedente ha esaurito il quadro delle conoscenze di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico che identificano il territorio di Endine.

La valutazione del rischio sismico è stata eseguita interpretando le condizioni geologiche e morfologiche del sito per identificare la possibilità, in occasione di eventi sismici, di effetti di amplificazione che possano alterare la situazione di pericolosità sismica dell'area stabilita dalla normativa. Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti e quindi in rapporto alle caratteristiche dei terreni si distinguono i seguenti gruppi di effetti locali.

1) **Effetti di sito o di amplificazione sismica locale:** interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche di ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico può subire durante l'attraversamento degli strati di terreno a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali. Questi effetti sono a loro volta distinti nei seguenti due gruppi:

- ✓ effetti di amplificazione topografica, che si verificano quando le morfologie e le irregolarità della topografia favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto;
- ✓ effetti di amplificazione litologica, che si verificano quando l'esistenza di orizzonti litologici di particolari proprietà meccaniche possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno.

2) **Effetti di instabilità:** riguardano i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese, associato a collassi e movimenti di grandi masse di terreno. Nel caso di versanti in equilibrio precario di possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di processi gravitativi; nel caso di aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici si possono verificare movimenti differenziali fra i vari settori; nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista geotecnico si possono avere cedimenti, fluimenti, scivolamenti e colamenti; nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo si possono verificare fenomeni di subsidenza legati al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

Nell'ambito del territorio comunale di Endine, trattandosi di un'area collinare-montana e pianeggiante sul fondovalle, gli effetti di possibile amplificazione sismica sono connessi con la presenza nel sottosuolo di livelli stratigrafici di scarsa qualità geotecnica e con l'esistenza di zone di ciglio e cresta, in grado di accentuare la risposta sismica locale e produrre azioni sui manufatti esistenti e/o in progetto maggiori rispetto a quelle attese.

La metodologia impiegata per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, in adempimento a quanto previsto dal Decreto Ministeriale 14-01-2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e dall'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20-03-2003, si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia. Tale metodologia prevede i seguenti tre livelli di approfondimento:

- **1° livello:** consiste nel riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base di osservazioni geologiche e di dati esistenti in letteratura;
- **2° livello:** è articolato nell'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente, sulla base di determinazioni di tipo semi-quantitativo, a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale;
- **3° livello:** comporta la definizione degli effetti di amplificazione tramite indagini ed analisi più approfondite.

Il primo livello è obbligatorio per tutti i comuni e contempla la redazione della Carta della Pericolosità Sismica Locale riportando gli scenari di pericolosità contenuti nella seguente tabella:

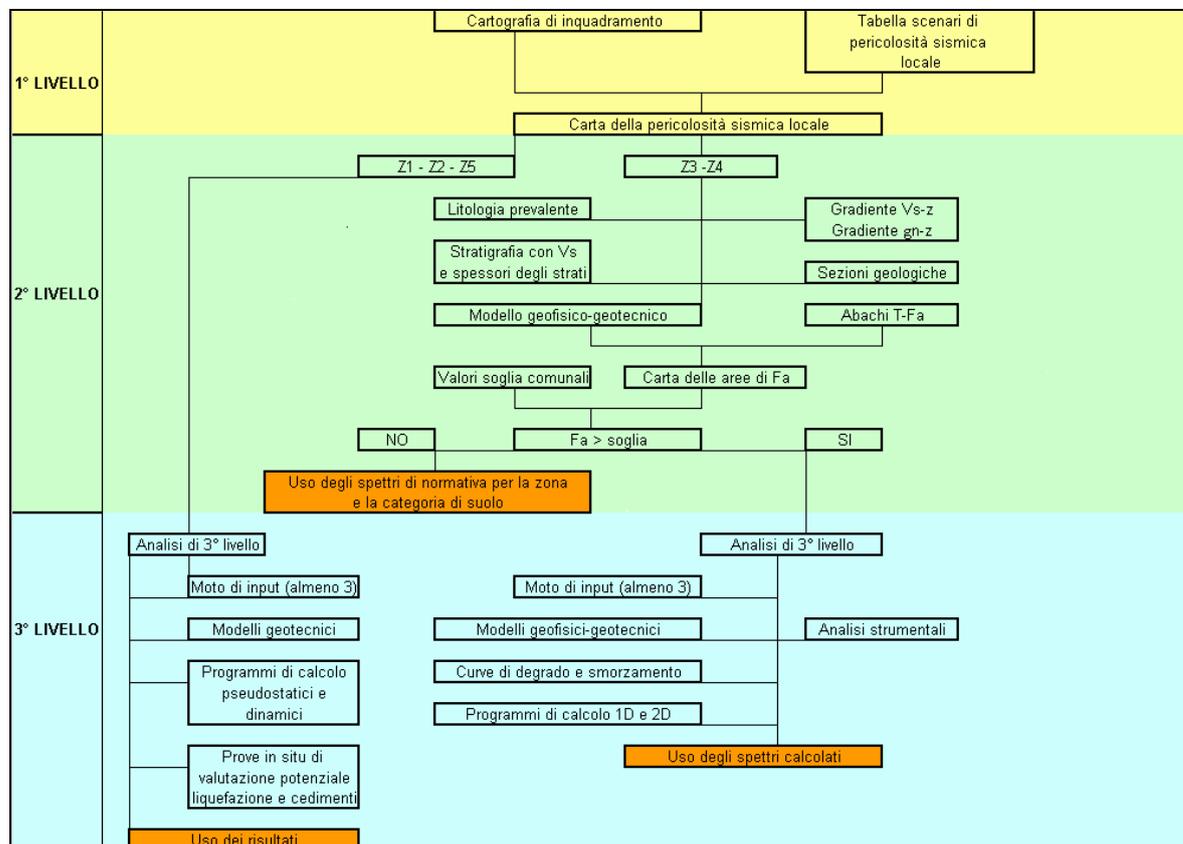
Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, etc.) Zone con depositi granulari fini saturi	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, etc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Il secondo livello è obbligatorio per i comuni che ricadono nelle zone sismiche 2 e 3 nelle aree suscettibili di amplificazione sismica morfologica e litologica (zone Z3 e Z4) ed interferenti con l'urbanizzato e/o le aree di espansione urbanistica.

Il terzo livello si applica in fase progettuale quando la normativa nazionale è inadeguata all'interno degli scenari caratterizzati da effetti di amplificazione morfologica e litologica, quando vi sono aree soggette ad effetti di instabilità, cedimenti e liquefazioni.

Gli approfondimenti di 2° e 3° livello non vanno applicati sulle aree che per situazioni geologiche e ambientali o per vincoli normativi siano considerate inedificabili.

Per sintetizzare quanto descritto si riporta di seguito il diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei tre livelli d'indagine, così come stabilito nell'allegato 5 della D.G.R. 22-12-2005 n. 8/1566.



Il Comune di Endine Gaiano è inserito in zona sismica 3 e quindi si è reso necessario, in funzione degli scenari di pericolosità sismica riscontrati, effettuare i primi due livelli di analisi.

2.2 – Fase di sintesi / valutazione

In questa fase si definiscono le limitazioni d'uso del territorio derivanti dalle normative in vigore di carattere geologico e si propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica ed idrogeologica.

In occasione dello studio geologico redatto per la variante generale del Piano Regolatore tale fase è stata completamente esaurita, in quanto sono state prodotte la Carta di Sintesi e la Carta dei Vincoli, nelle quali sono riportati gli elementi di pericolosità geologica ed i vincoli esistenti. In tale sede è stata tuttavia rivista in forma unitaria la Carta dei Vincoli Ambientali, nella quale sono state inserite tutte le specifiche limitazioni aggiornate e connesse con le normative ambientali esistenti sul territorio alla data attuale.

2.3 – Fase di proposta

La fase di proposta si articola nella compilazione della Carta della Fattibilità delle Azioni di Piano e delle norme geologiche di attuazione. In relazione alla tipologia della pericolosità geologica, geotecnica, idraulica ed idrogeologica e dell'entità dei fenomeni rilevati sono state assegnate classi di fattibilità diversa, riferite ad ambiti omogenei.

Per le varie classi di fattibilità e per gli ambiti soggetti a pericolosità sismica è prevista una specifica normativa, che si concretizzerà nelle fasi attuative delle previsioni del PGT.

La cartografia di base, sulla quale sono stati rappresentati i vari tematismi, è costituita dalla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 e dal rilievo aerofotogrammetrico dell'intero territorio comunale disponibile in scala 1:2.000 e 1:5.000.

Le carte prodotte sono le seguenti:

- Carta della Pericolosità Sismica Locale in scala 1:10.000 sulla CTR
- Carta dei Vincoli Ambientali in scala 1:5.000 sul rilievo aerofotogrammetrico
- Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano in scala 1:10.000 sulla CTR
- Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano in scala 1:2.000 sul rilievo aerofotogrammetrico.

3 - ELEMENTI GEOGNOSTICI E MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

Il processo di microzonazione sismica così come la ricostruzione della pericolosità sismica di un territorio prevedono la conoscenza di tutti gli elementi geologici e geomorfologici

dell'area in esame e dei caratteri litostratigrafici e geotecnici del sottosuolo. Come accennato in precedenza il comune di Endine è caratterizzato da una fisiografia molto variabile, derivante dalla coesistenza di aree pianeggianti, poste lungo il fondovalle a quote altimetriche comprese fra 335 e 350 m s.l.m., con zone collinari e montane sviluppate sino al oltre 1300 m s.l.m..

Pertanto vi sono innumerevoli scenari di pericolosità, connessi con le proprietà meccaniche dei terreni quaternari di copertura superficiale e con le morfologie di ciglio di scarpata e di cresta rocciosa.

3.1 – Elementi geognostici

L'analisi degli effetti sismici di sito ha quindi richiesto la raccolta di dati litostratigrafici, geotecnici e geofisici tali da consentire la costruzione di un modello geologico del sottosuolo, sulla base del quale applicare le varie fasi di approfondimento previste dalle direttive regionali.

Nella **Carta della Pericolosità Sismica Locale**, allegata in scala 1:10.000 sulla base della Carta Tecnica Regionale, sono riportate tutte le indagini ed i dati impiegati per caratterizzare il sottosuolo, i cui dettagli sono contenuti nelle relative schede allegate. In particolare si dispone di:

- o dati tecnici inerenti i **pozzi per acqua** (profondità compresa fra 14,0 e 42,0 m)
- o stratigrafie di **sondaggi meccanici a carotaggio continuo** (profondità pari a 15.0 m)
- o diagrammi di **prove penetrometriche dinamiche continue** (profondità compresa fra 10.0 e 15.0 m)
- o dati geofisici derivanti da un'indagine sismica con il metodo **Refraction Microtremor**.

I dati ricavati dai pozzi e dai sondaggi meccanici sono stati utilizzati per la ricostruzione delle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo, mentre i risultati delle prove penetrometriche hanno permesso la parametrizzazione del terreno con la definizione delle proprietà di resistenza e deformabilità del sottosuolo. L'indagine geofisica, eseguita con il metodo ReMi lungo la Strada Statale n. 42 nei pressi dell'abitato di Piangaiano, è stata appositamente programmata per stimare attraverso dati diretti la velocità delle onde trasversali, indispensabile per quantificare gli effetti di amplificazione litologica. Per i dettagli tecnici si rimanda alla relazione illustrativa allegata, redatta dalla società Progea Consulting S.r.l. e contenente i dettagli delle procedure utilizzate oltre che le modalità di interpretazione dei dati.

3.2 – Modello geologico del sottosuolo

I dati geognostici a disposizione sono stati interpretati ed intersecati criticamente per formulare il modello geologico da assumere quale riferimento per le situazioni esistenti sul territorio comunale.

Il comune di Endine si trova in un contesto prevalentemente collinare e montuoso, con meno del 10% della sua superficie occupata da zone pianeggianti. Il substrato roccioso è formato da unità triassiche e giurassiche a prevalente composizione carbonatica; la fascia di

fondovalle ed i versanti rocciosi sono caratterizzati da numerose tipologie di deposito quaternario, collegabili all'azione della gravità, dei torrenti, del lago e dei ghiacciai. Le proprietà litologiche e granulometriche dei vari sedimenti sono molto diverse ed identificano quindi materiali geologici a comportamento geotecnico variabile. Considerato che i fenomeni di amplificazione sismica si possono verificare in corrispondenza degli scenari Z3 e Z4, sono stati ricostruiti i seguenti due modelli geologici che rappresentano il territorio di Endine:

MODELLO DELLA ZONA DETRITICA DI ORIGINE GLACIALE E GRAVITATIVA (ipotetico)

Strato	Profondità (m)	Litologia	Angolo di attrito	Velocità delle onde sismiche trasversali (m/s)
1	0,0-4,0	Ghiaia e sabbia limose	28°-32°	300
	4,0-15,0	Ghiaia e sabbia limose	30°-35°	400
2	15,0-30,0	Roccia carbonatica e localmente argillitica	25°-35°	1000

MODELLO DELLA ZONA DETRITICA DI FONDOVALLE

Strato	Profondità (m)	Litologia	Angolo di attrito	Velocità delle onde sismiche trasversali (m/s)
1	0,0-3,5	Ghiaia e sabbia con limo	28°-32°	252
2	3,5-11,3	Ghiaia e sabbia con limo	30°-35°	367
3	11,3-12,7	Ghiaia e sabbia con limo	35°-38°	466
4	12,7-26,5	Ghiaia e sabbia con limo	35°-38°	560
5	26,5-30,0	Ghiaia e sabbia con limo	35°-38°	910

Va sottolineato che i due modelli geologici rappresentativi dei depositi quaternari di copertura superficiale sono stati ricostruiti sintetizzando i vari parametri a disposizione e scegliendo valori numerici indicativi, fra quelli talora contrastanti ottenuti con metodologie differenti. I valori dell'angolo di attrito indicati per gli strati superficiali sono stati ottenuti per correlazione diretta dalla resistenza penetrometrica, utilizzando la formula di Shioi-Fukuni; quelli riferiti agli strati più profondi sono stati invece ipotizzati ragionevolmente in rapporto alla granulometria del deposito ed alle rare prove penetrometriche discontinue effettuate nei fori di sondaggio.

Per quanto riguarda la zona detritica di origine glaciale il modello geologico è stato ipotizzato anche in assenza di una specifica prospezione geofisica, interpretando i parametri di resistenza e la velocità delle onde trasversali per correlazione con i dati a disposizione.

I dati raccolti per la ricostruzione del modello geologico provengono in parte da indagini effettuate direttamente dallo scrivente ed in parte da dati disponibili in letteratura presso gli enti pubblici. Evidentemente il grado di affidabilità può variare in relazione alle modalità di acquisizione dei parametri ed al personale che ha provveduto a compilare le schede tecniche riassuntive delle indagini svolte.

Pertanto, così come proposto dalla D.G.R. 22-12-2005 n. 8/1566, si rappresenta sinteticamente nella tabella seguente il livello di attendibilità dei vari dati forniti.

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (Vs)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

4 - PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

La fase preliminare della definizione della pericolosità sismica locale è stata svolta secondo i criteri previsti nel primo livello di analisi, individuando le zone dove gli effetti prodotti dall'azione sismica sono prevedibili con buona approssimazione sulla base degli elementi geologici e geognostici a disposizione. Successivamente è stato attuato il percorso appartenente al secondo livello, con lo scopo di quantificare gli effetti di possibile amplificazione sismica legati alle caratteristiche litologiche e geotecniche del terreno costituente il sottosuolo ed alla morfologia di alcuni settori collinari e montuosi.

La cartografia geologica e geomorfologica, utilizzata per la definizione della pericolosità sismica, è stata desunta dalla documentazione tecnica approvata dal Comune di Endine ed allegata al Piano Regolatore vigente.

L'analisi comparata dei dati raccolti ha permesso di ricostruire vari scenari di pericolosità sismica locale e di identificare aree potenziali soggette ad effetti indiretti prodotti da un sisma.

4.1 – Primo livello di approfondimento

L'insieme dei dati geologici, geotecnici e geofisici contenuti nella cartografia d'inquadramento ed il quadro dei possibili scenari di pericolosità sismica sul territorio di Endine hanno permesso la redazione della Carta della Pericolosità Sismica Locale, allegata in scala 1:10.000 sulla base della Carta Tecnica Regionale.

Gli scenari individuati sono i seguenti:

- **Z1b** – Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti; è identificata in corrispondenza di alcuni settori di versante molto circoscritti, situati a monte dell'abitato di San Felice ed in corrispondenza delle valli Grumella e Borlone.
- **Z2** – Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti e con depositi granulari fini; si tratta di aree del fondovalle il cui sottosuolo è formato da depositi lacustri di natura limosa immersi in falda.
- **Z3a** – Zona di ciglio; è caratterizzata dalla presenza di scarpate con parete di altezza superiore a 10 m; tale morfologia è stata rilevata con maggiore estensione presso San Felice ed in prossimità della località Botta.
- **Z3b** – Zona di cresta rocciosa; si tratta di settori di versante dotati di crinali appuntiti la cui morfologia predispone a fenomeni di amplificazioni sismiche di origine topografica; sul territorio di Endine vi sono delle creste lungo i confini comunali settentrionali e meridionali e nei settori compresi fra i principali avvallamenti torrentizi.
- **Z4b** – Zona pedemontana di falda di detrito e conoide alluvionale; rappresenta gran parte del territorio comunale, occupato dalle conoidi alluvionali create dai torrenti secondari allo sbocco nella valle principale e dalle fasce detritiche poste ai piedi dei versanti rocciosi. In relazione alle proprietà geotecniche e geofisiche dei materiali geologici è possibile l'insorgenza di fenomeni di amplificazione sismica.
- **Z4c** – Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi; è caratterizzata da settori di versante occupati da placche detritiche abbandonate dal ghiacciaio durante la fase di ritiro.
- **Z5** – Zona di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse; costituisce la linea di perimetrazione dei depositi di copertura superficiale, in corrispondenza della quale si possono avere comportamenti differenziali in termini di risposta elastica alle sollecitazioni tensionali.

4.2 – Secondo livello di approfondimento

A partire dai contenuti della Carta della Pericolosità Sismica Locale si è proceduto all'applicazione del secondo livello di approfondimento, per accertare attraverso determinazioni di tipo semiquantitativo se la normativa nazionale è sufficiente o insufficiente a

tenere in considerazione gli effetti sismici. Tale livello si applica, come previsto dalla D.G.R. 22-12-2005 n. 8/1566 agli scenari suscettibili di amplificazioni sismiche (Z3 e Z4).

L'approfondimento ha riguardato quindi le aree di fondovalle e di versante interessate dalla presenza di depositi quaternari e le aree montane in cui si sviluppano morfologie di cresta e di ciglio. In entrambi i casi le analisi hanno riguardato i soli siti che possono interferire con l'edificato e/o l'edificabile.

Per quanto attiene le aree appartenenti allo scenario Z5 non è stato necessario effettuare una valutazione a livelli di approfondimento maggiore, in quanto il contatto fra litotipi di caratteristiche molto diverse esclude la possibilità di realizzare costruzioni a cavallo.

Il ricorso al secondo livello è stato quindi necessario per verificare la possibile amplificazione sismica connessa con gli effetti litologici e morfologici delle aree identificate nei rispettivi scenari.

4.2.1 – Effetti litologici

In relazione ai parametri geologici e geotecnici sono state individuate le litologie prevalenti per il sottosuolo di Endine, impiegando per le analisi quantitative la **scheda ghiaiosa** sia per la zona pedemontana Z4b che per la zona morenica Z4c. Il campo di validità delle schede non è sempre rispettato sull'intero intervallo di profondità, ma la procedura utilizzata può essere ritenuta attendibile in quanto vi è validità per gli strati più superficiali, che maggiormente influenzano la risposta del terreno alle sollecitazioni sismiche.

All'interno delle due schede è stata scelta in funzione della profondità e della velocità delle onde sismiche trasversali V_s la curva più appropriata per la valutazione del fattore di amplificazione sismica F_a negli intervalli 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s in base al valore del periodo proprio del sito T . Quest'ultimo è stato calcolato mediante la seguente formula:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

ove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i -esimo del modello.

Gli intervalli di periodo prescelti sono stati definiti in rapporto al periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più diffuse sul territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

Applicando la procedura descritta, rappresentata nelle schede allegate, sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Zona territoriale	Periodo proprio del sito T	Periodo proprio degli edifici t	Fattore di amplificazione sismica Fa
Zona pedemontana	0,23 s	0,1-0,5 s	1,35
	0,23 s	0,5-1,5 s	1,10
Zona morenica	0,17 s	0,1-0,5 s	1,30
	0,17 s	0,5-1,5 s	1,06

La valutazione del grado di protezione è stata effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di Fa ottenuto dalle schede litologiche con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s. Il parametro in questione, riportato nella banca dati della Regione Lombardia, rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

Il sottosuolo esaminato nei due scenari Z4b e Z4c appartiene alla categoria B, desunta secondo quanto previsto dall'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20-03-2003, impiegando le velocità Vs e la resistenza penetrometrica. La comparazione dei fattori di amplificazione sismica con i valori soglia regionali evidenzia che questi ultimi sono sempre superiori, testimoniando che la normativa nazionale risulta adeguata a rappresentare i reali effetti di amplificazione sismica nelle aree analizzate.

4.2.2 – Effetti morfologici

L'individuazione delle creste e dei cigli di scarpata è avvenuta sulla Carta Tecnica Regionale, verificando la rispondenza delle geometrie esistenti ai criteri stabiliti per l'applicabilità delle schede di approfondimento. Le sezioni topografiche impiegate per le valutazioni di secondo livello sono riportate nella Carta della Pericolosità Sismica Locale; si segnala che la cresta oggetto dell'approfondimento non interferisce con l'edificato e l'urbanizzabile, tuttavia è stata esaminata a titolo esemplificativo per eventuali sviluppi futuri dell'espansione edilizia.

La **scarpata rocciosa** considerata è sul versante a monte dell'abitato di San Felice e possiede le caratteristiche di scarpata in pendenza, con un'altezza massima di 290 m. In relazione alla pendenza della superficie topografica ed alla classe altimetrica la scheda allegata ha consentito di determinare un fattore di amplificazione Fa per il periodo 0,1-0,5 s pari a 1,2.

La situazione morfologica connessa con la **zona di cresta** è stata ricostruita attraverso una sezione trasversale, disposta in senso E-W fra la Valle dei Cerri e la Valle dei Fondi.

La geometria del pendio e le caratteristiche altimetriche della montagna hanno permesso di stabilire che la cresta in questione è classificabile come appuntita. La scheda allegata contiene i dettagli delle valutazioni tecniche eseguite, utilizzando il diagramma riferito

alle creste appuntite con larghezza superiore a 350 m. Il fattore di amplificazione ottenuto è pari a 1,5.

Nel caso degli effetti morfologici la valutazione del grado di protezione è stata effettuata confrontando il valore del fattore F_a con quello di S_t delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Tale valore costituisce il valore di soglia oltre il quale la normativa nazionale è insufficiente a rappresentare gli effetti di amplificazione topografica.

Il valore soglia per lo scenario di ciglio di scarpata è superiore a quello determinato, indicando che la morfologia esaminata non produce effetti di amplificazione sismica tali da comportare una differenza rispetto allo spettro proposto dalla normativa nazionale. Il fattore di amplificazione ottenuto per la cresta risulta invece superiore al valore soglia; sebbene, come accennato in precedenza, tale situazione non sia rappresentata allo stato attuale, si deve considerare che eventuali edificazioni future che interferiscano con queste zone richiederanno valutazioni più approfondite, dal momento che la normativa nazionale risulta adeguata a rappresentare i reali effetti di amplificazione sismica di natura morfologica.

5 – VINCOLI GEOLOGICO-AMBIENTALI

I vincoli geologico-ambientali rappresentano nella gestione delle trasformazioni territoriali dei punti di riferimento con i quali i cittadini si devono confrontare per garantire la compatibilità fra l'intervento previsto ed il rispetto delle peculiarità paesaggistiche dell'area. La tipologia e la localizzazione dei vincoli è stata definita attraverso l'esame degli elementi fisico-naturali e delle strutture antropiche esistenti sul territorio di Endine, ricercando negli archivi della Regione Lombardia e dell'Ufficio Tecnico Comunale le informazioni necessarie per la corretta delimitazione delle aree tutelate.

I vincoli inseriti nella Carta dei Vincoli Geologico-Ambientali, redatta sull'intero territorio in scala 1:5.000 sulla base del rilievo aerofotogrammetrico, sono i seguenti.

5.1 - Vincolo di polizia idraulica

Il testo unico in materia di polizia idraulica è rappresentato dal R.D. 523/1904, che con tutte le successive integrazioni e circolari contiene l'insieme delle norme riguardanti le attività proibite e quelle consentite previa autorizzazione o nulla osta idraulico all'interno di ben definite fasce di rispetto.

Con la D.G.R. 25-01-2002 n. 7/7868 e la successiva D.G.R. 01-08-2003 n. 7/13950, emesse a seguito dei criteri definiti nella D.G.R. 22-12-1999 n. 47310 e successivi aggiornamenti, la Regione ha identificato i corsi d'acqua principali, su cui continuerà a

svolgere le funzioni di polizia idraulica (eccezion fatta per i tratti di competenza dell'Aipo), rilasciando attraverso le sedi territoriali provinciali le varie autorizzazioni ed introitando i proventi derivanti dai canoni concessori. Le medesime mansioni sul reticolo minore sono state pertanto trasferite ai comuni ed ai consorzi di bonifica.

Nell'ambito del confine comunale di Endine la gestione della polizia idraulica e le limitazioni d'uso del territorio derivanti dall'esistenza della rete idrica superficiale sono così strutturate:

Corso d'acqua	Categoria	Fascia di rispetto	Vincolo ambientale	Ente gestore
Torrente Oneto	Principale	10 m	Sì	Regione Lombardia
Valle dei Fondi	Principale	10 m	Sì	Regione Lombardia
Fossadone	Principale	10 m	Sì	Regione Lombardia
Valle di Panteno-1	Minore	10 m	Sì	Comune di Endine
Altri torrenti	Minore	10 m; 5 m all'interno del centro abitato per i soli torrenti BG-END-5, 33, 38 e 40	No, eccezion fatta per il torrente della Valle di Palate	Comune di Endine

5.2 – Vincolo idrogeologico

E' stato istituito mediante R.D. n. 3267 del 30-12-1923 nell'intento di prevenire ed arrestare il dissesto del suolo, conseguente ad interventi di disboscamento irrazionale. Il territorio di Endine è interessato da tale vincolo nella parte altimetricamente superiore, con l'esclusione delle zone pedemontane e di fondovalle.

La perimetrazione del vincolo è stata estrapolata dalla cartografia fornita dall'Ufficio Tecnico Comunale, sulla base della mappa catastale; il tracciamento sul rilievo aerofotogrammetrico può quindi aver comportato errori ed inesattezze dovuti ai differenti riferimenti topografici. Pertanto la reale localizzazione delle aree a vincolo dovrà sempre essere definita anche attraverso l'esame dei mappali.

5.3 – Area di rispetto e di tutela assoluta delle captazioni ad uso idropotabile

Le captazioni di acque sotterranee destinate al consumo umano sono specificamente salvaguardate dalla normativa contenuta nel D.Lgs. 18-08-200 n. 258, che costituisce allo stato attuale il testo unico in materia di tutela delle acque dall'inquinamento.

L'art. 5 prevede l'istituzione di fasce di rispetto dalle opere di captazione ad uso idropotabile, secondo quanto già stabilito in passato dal D.P.R. 236/1988. La zona di rispetto

dalle sorgenti pubbliche ad uso idropotabile è stata definita con criterio geometrico, secondo le norme contenute nella D.G.R. 27-06-1996, n. 6/15137, tracciando un cerchio con centro nell'opera di captazione esteso a monte con un raggio pari a 200 m e delimitato a valle dall'isoipsa passante per la captazione; la zona di tutela assoluta è costituita invece da un cerchio di uguale centro e raggio pari a 10 m. Il criterio adottato risulta adeguato rispetto alle condizioni idrogeologiche del sottosuolo ed alle caratteristiche morfologiche del versante, dotato di una discreta acclività; pertanto tutelare per 200 m il settore a valle appare illogico e soprattutto inutile per la conservazione della qualità della risorsa idrica.

5.4 – Vincolo cimiteriale

Il vincolo cimiteriale è stato istituito attraverso il regolamento di polizia mortuaria contenuto nel D.P.R. 10/09/1990, n. 285. All'art. 57 viene stabilita una fascia di rispetto che per i comuni con un numero di abitanti inferiore a 10.000 è pari a 50 m. Nell'ambito del territorio esaminato sono presenti tre cimiteri di modesta estensione in località San Remigio, Roa e San Felice, la cui superficie complessiva vincolata è pari rispettivamente a 26.100, 20575 e 14.400 m².

5.5 – Vincolo paesaggistico

Il vincolo paesaggistico è riferito al D.Lgs. 22-01-2004 n. 42, che ha raccolto tutte le normative di tutela ambientale precedenti in un testo unico, istituendo in particolare l'ampiezza della fascia di rispetto da applicare ad alcuni ambiti territoriali fra i quali i corsi d'acqua, i laghi ed i boschi. In territorio di Endine la D.G.R. 25/07/1986, n. 4/12028 stabilisce che i corsi d'acqua vincolati sono la Valle di Palate, la Valle del Ferro, la Valle dei Fondi e la Valle di Panteno che scende da Solto Collina. L'area soggetta al vincolo ai sensi dell'art. 142 comma 1 lettera c riguarda la zona compresa entro la distanza di 150 m dal corso d'acqua, per la quale gli interventi edilizi dovranno essere esaminati da apposite commissioni ambientali per il rilascio dell'autorizzazione paesistica.

L'art. 142 comma 1 lettera b stabilisce invece una fascia di rispetto di 300 m dal Lago di Endine e dal Lago di Gaiano, entro la quale valgono le medesime limitazioni.

Nell'ambito del vincolo paesaggistico sul territorio di Endine vi è anche la Legge 29/06/1939, n. 1497, che è stata emanata per la protezione delle bellezze naturali. Le aree soggette a questo vincolo sono localizzate a ridosso delle fasce costiere del Lago di Endine, seguendo il percorso della Strada Provinciale n. 76 e della Strada Statale n. 42.

5.6 – Vincolo PAI

La pianificazione sovraordinata da parte dell'Autorità di Bacino del fiume Po ha condotto alla creazione di vincoli che si sommano a quelli esistenti sui territori comunali. Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po, approvato con D.P.C.M. 24-05-2001, conteneva alcune perimetrazioni entro i confini comunali di Endine; tuttavia è stato proposto un aggiornamento da parte dell'Amministrazione Comunale su richiesta della Regione Lombardia, a seguito del quale sono state ripериметrate le aree di conoide di Piangaiano, Tironega, Valmaggiore e San Felice, distinguendo zone di conoide attiva parzialmente protetta e zone di conoide protetta.

La versione iniziale del PAI prevedeva anche la presenza di aree di frana attiva e quiescente sul versante orografico sinistro della Val Cavallina, ma la modifica proposta dalla Regione sulla base dello studio geologico finalizzato al PRG di Endine ha condotto all'eliminazione di tali aree dal quadro del dissesto.

5.7 – Ambito territoriale estrattivo ATEc18

La perimetrazione dell'ambito estrattivo rappresenta un vincolo in senso lato, ma le limitazioni imposte e l'incidenza sul territorio hanno indotto comunque a rappresentarlo nella cartografia. L'ambito estrattivo ATEc18 è situato in prossimità del Lago di Gaiano a N della S.S. n. 42 ed è stato identificato nel nuovo Piano Cave della Provincia di Bergamo, pubblicato mediante la DGR 14-05-2008 n. VIII/619. All'interno del perimetro tracciato sono consentite le attività estrattive di pietra ornamentale formata da calcare nero e tutte le operazioni accessorie, finalizzate allo sfruttamento del giacimento.

6 – FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

La Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano, redatta in scala 1:10.000 sulla base della CTR ed in scala 1:2.000 sulla base del rilievo aerofotogrammetrico, è stata ricostruita inserendo la zonazione geologica già approvata ai sensi della Legge 41/1997 in occasione dello studio geologico di supporto al Piano Regolatore Generale ed aggiungendo le fasce di rispetto fluviale dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo principale e minore ai sensi della D.R.G. 01-08-2006 n. 7/13950.

La Carta di Fattibilità rappresenta dunque un documento contenente informazioni in merito alla pericolosità geologica dei fenomeni e delle situazioni rilevati sul territorio, fornendo indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso dei terreni.

Il territorio è stato suddiviso in quattro classi di fattibilità, identificate da uno specifico significato geologico e da norme tecniche che vengono descritte in dettaglio nel capitolo successivo. Si segnala che non sono state identificate e quindi rappresentate con retino differenziato le aree soggette ad amplificazione sismica con normativa nazionale inadeguata a rappresentare gli effetti di sito.

7 – NORME GEOLOGICHE DI PIANO

Le norme geologiche di piano costituiscono la normativa d'uso della Carta di Fattibilità e riportano per ciascuna classe le indicazioni in merito alle indagini di approfondimento ed alla loro estensione, da effettuarsi prima degli interventi urbanistici, con riferimento alla tipologia ed all'intensità del fenomeno che ha determinato l'assegnazione della classe di fattibilità.

Va comunque ricordato che tali norme tecniche si sommano a quelle di tutela ambientale previste dai vari vincoli, che di volta in volta possono imporre soluzioni e studi aggiuntivi rispetto a quanto esposto in tale sede, secondo le intenzioni degli enti gestori dei vincoli.

Di seguito si riportano le norme geologiche inerenti gli studi di approfondimento e le opere di mitigazione del rischio, eventualmente da realizzare, organizzate in articoli da inserire integralmente in futuro nel Piano delle Regole e nel Documento di Piano del P.G.T..

Art. 1 – Classe di fattibilità 1 (Fattibilità senza particolari limitazioni)

La classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dal D.M. 14-01-2008 "Norme tecniche per le costruzioni". Il territorio di Endine, per la sua conformazione geologica e per l'assetto idrogeologico che lo caratterizza, è sprovvisto di zone in classe 1.

Art. 2 – Classe di fattibilità 2 (Fattibilità con modeste limitazioni)

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

Le zone posizionate in classe 2 appartengono principalmente alle aree collinari ad acclività da media a ridotta, dove la dinamica geomorfologica e gli effetti negativi del dilavamento e dell'infiltrazione dell'acqua in profondità sono presenti in forma mitigata e/o poco intensa, ed alle porzioni di conoide alluvionale per le quali lo studio di approfondimento ha consentito di individuare un grado di rischio modesto.

In ragione della conformazione geologica delle aree poste in questa classe di fattibilità si dovrà prevedere per opere di completamento e/o nuove costruzioni appropriati studi di approfondimento geologico, finalizzati alla valutazione delle tecniche costruttive più idonee a garantire la stabilità strutturale dei manufatti e la tutela della qualità delle acque sotterranee. Pertanto, laddove siano previsti interventi di urbanizzazione e trasformazione territoriale, si delineano le seguenti due tipologie di approfondimento e studio geologico.

Art. 2.1 – Studi di approfondimento per interventi privi di rischio di inquinamento delle acque sotterranee

In questo caso la realizzazione di edifici residenziali, fabbricati industriali e manufatti aventi un rilevante impatto sul terreno deve essere preceduta da un'indagine geologica finalizzata all'acquisizione dei principali caratteri e processi geologici che interferiscono con la struttura in progetto. Le verifiche tecniche da effettuare potranno prescindere, salvo situazioni particolari, da indagini geognostiche ed idrogeologiche di dettaglio, ma dovranno essere supportate da rilevamenti geologico-tecnici almeno in scala 1:2.000 riguardanti i fenomeni geomorfologici in atto, le proprietà litologiche e meccaniche dei terreni e delle rocce e lo stato di dissesto della rete idrica eventualmente adiacente l'area in oggetto.

La **relazione geologica** dovrà contenere in dettaglio la descrizione delle elaborazioni effettuate secondo lo schema seguente:

- inquadramento del sito nel contesto morfologico territoriale
- definizione delle proprietà geologiche dell'area
- caratterizzazione geomorfologica dell'area
- individuazione degli elementi idrogeologici ed idraulici dell'area (questi ultimi solo per le zone in prossimità delle valli torrentizie e/o sulle conoidi)
- valutazione generale delle condizioni di stabilità del versante
- eventuale definizione delle tecniche di dispersione nel sottosuolo atte a garantire il rispetto dei corpi idrici sotterranei
- indicazione delle modalità di esecuzione dei lavori e delle eventuali opere da costruire allo scopo di assicurare la protezione dei fabbricati da fenomeni di dissesto gravitativo, idrogeologico ed idraulico.

Art. 2.2 – Studi di approfondimento per interventi connessi al rischio di inquinamento delle acque sotterranee

La tipologia della problematica diviene in questa situazione di ordine idrogeologico, pertanto richiede uno studio dettagliato sulle proprietà litostratigrafiche dell'immediato sottosuolo e della falda idrica sotterranea, al fine di determinare la condizione di rischio effettivo e stabilire le eventuali soluzioni tecniche da impiegare per ridurre al minimo la possibilità di provocare l'inquinamento delle acque sotterranee. Per tutti gli interventi in aree sprovviste di allacciamento alla fognatura, per i quali si renda indispensabile il ricorso a dispositivi di dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche e/o di acque nere dovrà essere prodotta una relazione idrogeologica nella quale si fornisca la stratigrafia dell'immediato sottosuolo, ricavata da trincee esplorative eseguite in loco o da scavi edilizi in aree adiacenti, si effettui un predimensionamento delle opere di dispersione idrica sulla base del regime pluviografico dell'area e si attesti infine la fattibilità delle operazioni in progetto.

Art. 3 – Classe di fattibilità 3 (Fattibilità con consistenti limitazioni)

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

La classe 3 è stata identificata sia in ambito di fondovalle che nel comparto montano, evidentemente con differenti problematiche geologiche. La tipologia degli studi di approfondimento si distingue pertanto in relazione al contesto geologico ed alla natura dei fenomeni e/o degli elementi di pericolosità.

Art. 3.1 – Zona di fondovalle

In tutta la porzione subpianeggiante di competenza dei depositi fluviolacustri, salvo localizzate eccezioni, il terreno costituente l'immediato sottosuolo possiede una scarsa qualità geotecnica, connessa con innumerevoli problematiche legate alla trasmissione dei carichi indotti dalle fondazioni ed alle operazioni di sbancamento. Il quadro geologico non comporta di per sé complicazioni insuperabili, ma la progettazione degli edifici e di qualsivoglia fabbricato non può prescindere dalla conoscenza approfondita delle proprietà meccaniche del sottosuolo. Lo studio di approfondimento dovrà essere corredato obbligatoriamente da specifiche indagini geognostiche finalizzate alla predisposizione della **relazione geotecnica**, articolata secondo i seguenti contenuti:

- inquadramento del sito nel contesto morfologico territoriale
- definizione delle proprietà geologiche dell'area
- individuazione degli elementi idrogeologici ed idraulici dell'area (questi ultimi solo per le zone in prossimità delle valli torrentizie e/o delle conoidi alluvionali)
- eventuale definizione delle tecniche di dispersione nel sottosuolo atte a garantire il rispetto dei corpi idrici sotterranei

- verifica idraulica dei corsi d'acqua con analisi morfometrica del bacino e studio delle piogge intense (solo per le zone in prossimità delle valli torrentizie e/o delle conoidi alluvionali)
- eventuale acquisizione della stratigrafia del sottosuolo
- caratterizzazione geotecnica dei terreni ottenuta mediante indagini in sito e/o in laboratorio
- valutazione delle condizioni di stabilità dei fronti di scavo
- determinazione per le nuove strutture della capacità portante e dei cedimenti del terreno di fondazione
- indicazione delle modalità di esecuzione dei lavori e delle eventuali opere da costruire allo scopo di assicurare la protezione dei fabbricati da inconvenienti di carattere geotecnico.

Per gli interventi che comportano contemporaneamente problematiche geotecniche ed idrogeologiche si potrà redarre un unico documento, contenente le risultanze dello studio completo eseguito secondo le norme suddette. In tutti i casi sarà obbligatoria la predisposizione fra i documenti di progetto di una relazione geotecnica e/o idrogeologica, firmata da tecnico abilitato e realizzata ai sensi del D.M. 11-03-1988 e del D.M. 16-01-1996 o del D.M. 14-01-2008, che confermi le scelte progettuali e fornisca garanzie di stabilità delle strutture e/o escluda possibilità di fenomeni di inquinamento delle acque sotterranee.

Art. 3.2 – Zona di versante

Le aree appartenenti alla fascia collinare catalogate in classe 3 si riferiscono ai settori in cui sono state individuate manifestazioni gravitative rilevanti e/o elevata acclività dei pendii. In questo caso lo studio di approfondimento dovrà contenere oltre che dati di tipo geotecnico anche valutazioni di ordine geomorfologico ed idrogeologico, finalizzate alla definizione delle possibili interferenze dei processi geologici con i manufatti in progetto.

Nel caso in cui i terreni e/o le rocce del substrato dovessero essere sollecitati da stati tensionali eccezionali si potrà decidere di ricorrere ad analisi geotecniche e rilievi geomeccanici, per testare la qualità meccanica dei materiali interessati dalla distribuzione dei carichi indotti.

La **relazione geologica** dovrà contenere in dettaglio la descrizione delle elaborazioni effettuate secondo lo schema seguente:

- inquadramento del sito nel contesto morfologico territoriale
- definizione delle proprietà geologiche dell'area
- caratterizzazione geomorfologica dell'area
- individuazione degli elementi idrogeologici ed idraulici dell'area (questi ultimi solo per le zone in prossimità delle valli torrentizie e/o delle conoidi alluvionali)
- verifica idraulica dei corsi d'acqua con analisi morfometrica del bacino e studio delle piogge intense (solo per le zone in prossimità delle valli torrentizie e/o delle conoidi alluvionali)
- valutazione generale delle condizioni di stabilità del versante
- eventuale definizione delle tecniche di dispersione nel sottosuolo atte a garantire il rispetto dei corpi idrici sotterranei

- indicazione delle modalità di esecuzione dei lavori e delle eventuali opere da costruire allo scopo di assicurare la protezione dei fabbricati da fenomeni di dissesto gravitativo, idrogeologico ed idraulico.

La tipologia e l'estensione delle indagini geognostiche dovranno essere definite caso per caso, in funzione dell'intervento edilizio e delle valutazioni critiche, operate da tecnici abilitati incaricati dai rispettivi committenti di redarre una relazione geotecnica, geologico-tecnica o idrogeologica da allegare ai documenti di progetto.

Considerata l'elevata pericolosità dei fenomeni individuati nella classe 3 gli studi geologici di approfondimento avranno la finalità di stabilire le eventuali opere di bonifica e/o sistemazione dei dissesti, prevedendo anche la possibilità di installare un sistema di monitoraggio che consenta il controllo dell'evoluzione dei fenomeni in atto.

Art. 3.3 – Norme tecniche per gli studi di approfondimento

Tutti gli studi di carattere geotecnico ed idrogeologico previsti per le nuove edificazioni e per le opere di dispersione nel sottosuolo dovranno essere realizzati, qualora venga superato il limite imposto dalla problematica geologica che ha condotto all'attribuzione della classe di appartenenza.

Qualora vi fossero in progetto opere idrauliche per la sistemazione dei corsi d'acqua o interventi che interferiscono con il sistema idrografico esistente, si dovrà produrre sia per le aree in classe 2 che per quelle in classe 3 una **relazione idraulica** che garantisca la conformità delle soluzioni previste e fornisca i dati indispensabili per il corretto dimensionamento delle opere.

Lo schema seguente sintetizza la tipologia ed i meccanismi degli studi di approfondimento geologico da effettuare per le aree localizzate in classe 2 e 3.

Classe di fattibilità	Documento da produrre	Indagini geognostiche
2 – Area montana e di raccordo	Relazione geologica e/o idrogeologica	Facoltative
3 – Zona di versante	Relazione geologica	Consigliate
3 – Zona di fondovalle	Relazione geotecnica	Obbligatorie
3 – Zona di rispetto delle sorgenti	Relazione idrogeologica	Facoltative
2,3 – Fascia torrentizia	Relazione idraulica	Non necessarie

Art. 4 – Classe di fattibilità 4 (Fattibilità con gravi limitazioni)

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza

dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), e) della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Le aree del territorio di Endine appartenenti alla classe 4 sono situate in prevalenza lungo le sponde in erosione fluviale e sulle incisioni vallive dei torrenti che solcano i versanti montani. In aggiunta sono state inserite in questa classe anche le zone di frana quiescente, i coni di detrito e le pareti rocciose dotate di elevata acclività.

Per quanto riguarda le aree parzialmente interessate dalla classe 4, si segnala che pur non potendo eseguire trasformazioni della zona in oggetto, la volumetria degli edifici potrà essere determinata comunque sulla base dell'area complessiva di proprietà.

Art. 4.1 – Fascia di rispetto dei corsi d'acqua e regolamento di polizia idraulica

Le fasce di rispetto dei corsi d'acqua principali e minori sono state determinate, nello studio approvato dal comune, sulla base quanto stabilito dal R.D. 523/1904 ed in riferimento all'evoluzione storica dei corsi d'acqua oltre che alle risultanze dello studio geologico approvato.

La fascia di rispetto, misurata a partire dal piede arginale esterno, è stata definita nella seguente modalità:

- 5 m per i tratti dei torrenti BG-END-5, BG-END-33 e BG-END-40 indicati nella cartografia;
- 10 m per tutti gli altri corsi d'acqua, inclusi quelli principali;

Art. 4.1.1 – Attività soggette ad autorizzazione idraulica

Il territorio comunale di Endine non è interessato da aree perimetrate nel Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico, pertanto il riferimento normativo per la gestione delle attività all'interno delle fasce di rispetto è rappresentato dal R.D. 523/1904 e dalle successive integrazioni.

Gli interventi per i quali è necessario il "nulla osta" idraulico sono i seguenti:

- opere di difesa radenti (ossia senza restringimento della sezione dell'alveo e a quota non superiore al piano campagna), realizzate in modo tale da non deviare la corrente verso la sponda opposta né provocare restringimenti dell'alveo; tali opere dovranno essere caratterizzate da pendenze e modalità costruttive tali da permettere l'accesso al corso

- d'acqua (la realizzazione di muri spondali verticali o ad elevata pendenza sarà consentita unicamente all'interno di centri abitati e comunque dove non siano possibili alternative d'intervento a causa della limitatezza delle aree disponibili;
- interventi che non siano suscettibili di influire direttamente o indirettamente sul regime del corso d'acqua.

Gli **interventi ammessi con autorizzazione idraulica** (art. 97-98) sono i seguenti:

- formazione di argini ed opere idrauliche che occupano l'area del demanio idrico
- costruzione di opere di derivazione d'acqua ed opere di attraversamento (ponti, gasdotti, fognature, tubature ed infrastrutture a rete in genere).

Gli attraversamenti con luce superiore a 6 m dovranno essere realizzati secondo la direttiva dell'Autorità di Bacino del Po "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B".

Ad ogni buon conto i **manufatti di attraversamento** non dovranno:

- a) restringere la sezione mediante spalle e rilevati di accesso
- b) avere l'intradosso a quota inferiore ad 1 m dal livello di massima piena calcolato con periodo di ritorno pari a 100 anni
- c) comportare una riduzione della pendenza del corso d'acqua mediante l'utilizzo di soglie di fondo
- d) possedere infrastrutture posizionate longitudinalmente nell'alveo che riducano la sezione (in caso di necessità e di diversa localizzazione le stesse potranno essere interrato)
- e) essere realizzati al di sotto dell'alveo a quote superiori a quelle raggiungibili in base all'evoluzione morfologica del corso d'acqua e adeguatamente protette dall'eventuale azione erosiva della corrente idrica.

Tutti gli interventi sui corsi d'acqua dovranno essere accompagnati da **studio idraulico**, composto da indagini idrologiche, dalla valutazione della portata di massima piena con periodo di ritorno pari a 100 anni e dalle verifiche idrauliche sulle geometrie in progetto, atte a dimostrare che le opere previste non comportano un aggravamento delle condizioni di rischio idraulico sulle aree circostanti.

4.1.2 – Attività vietate

All'interno delle fasce di rispetto identificate il R.D. 523/1904 ha riconosciuto nell'art. 96 una serie di attività vietate, integrate poi dalle varie leggi, regolamenti e circolari, riassunte nel seguente elenco:

- occupazione e/o riduzione delle aree di espansione e divagazione dei corsi d'acqua al fine della moderazione delle piene
- nuove edificazioni e movimenti di terra (questi ultimi sino a 4 m dall'argine)
- tombinatura dei corsi d'acqua ai sensi del D.Lgs 152/1999
- sradicamento degli alberi per una distanza di 10 m dalla quota di piena ordinaria e delle piantagioni sugli argini.

4.1.3 – Scarichi in corsi d’acqua

Il Piano di Risanamento Regionale delle acque ha indicato i criteri di pianificazione in rapporto alla gestione delle risorse idriche, definendo i parametri di ammissibilità delle portate adottate ai corsi d’acqua che presentano problemi di insufficienza idraulica. In assenza di indicazioni più dettagliate sull’ammissibilità delle portate scaricabili vengono indicati i seguenti limiti di accettabilità:

1. 20 l/s per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile, relativamente alle aree di ampliamento e di espansione residenziale ed industriale
2. 40 l/s per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile, relativamente alle aree già dotate di pubblica fognatura.

I suddetti limiti sono da adottare per tutti gli scarichi non ricadenti in aree montane e diretti nei laghi o nei fiumi Ticino, Adda, Brembo, Serio, Chero, Oglio, Mella, Chiese e Mincio.

Il manufatto di recapito dovrà essere realizzato in modo che lo scarico avvenga nella medesima direzione del flusso e senza indurre azioni erosive concentrate in grado di produrre alterazioni della curva di fondo del corso d’acqua.

Tutti gli interventi che comportino lo scarico in acque superficiali dovranno essere accompagnati da una **relazione idraulica**, che accerti le portate di smaltimento e la conformità delle operazioni di immissione nel corso d’acqua.

4.1.4 – Autorizzazione paesistica, opere abusive e sdemanializzazione

La Legge Regionale n. 18/1997 ha subdelegato ai comuni le **autorizzazioni paesistiche** rilasciate ai sensi dell’art. 151 del D.Lgs 490/1999; tuttavia per quanto riguarda le opere idrauliche e specificatamente quelle inerenti gli interventi sulle sponde e sull’alveo dei corsi d’acqua la competenza in materia ambientale è rimasta alla Regione Lombardia, Direzione Territorio ed Urbanistica – U.O. Sviluppo Sostenibile del Territorio.

Pertanto, salvo gli interventi edilizi o di trasformazione del territorio subdelegati, tutte le opere idrauliche sui corsi d’acqua principali e minori, soggetti al vincolo della Legge 431/1985, dovranno essere sottoposte alla richiesta di autorizzazione paesistica alla Regione.

Nel caso di **opere abusive o difformi** da quanto autorizzato, la diffida a provvedere alla riduzione in pristino potrà essere disposta con apposita Ordinanza Sindacale ai sensi dell’art. 14 della legge 47/1985.

E’ data facoltà al Comune di modificare o ripерimetrare le aree demaniali, previa proposta agli uffici competenti dell’amministrazione statale (Agenzia del Demanio).

Le richieste di **sdemanializzazione** sul reticolo minore dovranno essere inviate alle Agenzie del Demanio, allegando il nulla osta prodotto dal Comune.

In ogni caso ai sensi del comma 4 del D.Lgs 11-05-1999 n. 152 le aree del demanio fluviale di nuova edificazione non possono essere oggetto di sdemanializzazione.

4.1.5 – Estrazione di materiale litoide

L'asportazione di materiale litoide dagli alvei, gestita dall'ente pubblico regionale, è talora necessaria per la sistemazione e la rimessa in equilibrio del corpo idrico. La programmazione, la progettazione e le modalità di conduzione degli interventi costituiscono esclusiva materia di competenza della regione, che opera secondo criteri in grado di garantire il rispetto dell'equilibrio del corso d'acqua dal punto di vista idrologico ed idraulico.

4.1.6 – Concessioni e canoni

Il Comune ed i consorzi per la rete idrica di propria competenza agiscono applicando le norme di polizia idraulica, rilasciando solamente autorizzazioni idrauliche. Le attività del Comune e dei Consorzi per la rete idrica riguardano:

- ✓ espressione di pareri di compatibilità idraulica
- ✓ rilascio di autorizzazioni per interventi inerenti i corsi d'acqua e le attività all'interno delle fasce di rispetto
- ✓ emissione di canoni per il rilascio delle concessioni
- ✓ riscossione dei canoni relativi e attività di manutenzione sui corsi d'acqua di loro competenza.

Nella DGR 01-08-2003 n. 7/13950 sono allegate le tabelle con i canoni regionali da applicare sia al reticolo principale che a quello minore.

4.1.7 – Criteri ed indirizzi per l'esercizio della polizia idraulica

Le indicazioni tecniche ed i riferimenti normativi riportati consentiranno al Comune ed ai consorzi di svolgere le nuove funzioni attribuitegli, nel rispetto dei criteri tecnico-scientifici d'intervento sulla rete idrografica e della legislazione vigente.

In aggiunta si elencano una serie di ulteriori indirizzi, dedotti dai criteri di buona costruzione idraulica e parzialmente enunciati anche in precedenza, da acquisire per il corretto esame dei progetti e delle richieste di polizia idraulica.

- 1) Al fine di evitare la riduzione dei tempi di corrivazione e per consentire la massima laminazione delle piene è necessario evitare l'occupazione o la riduzione delle aree di espansione dei corsi d'acqua, in particolare mantenendo alle aree demaniali le funzioni di invaso delle acque.
- 2) Le difese non devono deviare la corrente verso la sponda opposta e non devono provocare restringimenti d'alveo.
- 3) Le autorizzazioni agli attraversamenti, oltre a far riferimento alle direttive dell'Autorità di Bacino citate per i ponti, dovranno, per gli attraversamenti di minor dimensione, essere realizzati preferibilmente evitando la realizzazione di sacche di deposito del materiale solido trasportato a monte del manufatto o dimensionando le sacche sulla base del volume di trasporto solido previsto, ed evitando riduzione di pendenza in corrispondenza dell'attraversamento.
- 4) Le distanze da mantenere dalla sponda dei corsi d'acqua per la realizzazione di recinzioni saranno di 5 o 10 m, relativamente alle rispettive fasce di rispetto qualora trattasi di opere in muratura che si elevano oltre il piano di campagna, di 4 m in tutti i corsi d'acqua in presenza

di recinzioni asportabili formate da pali e reti metalliche.

5) La realizzazione di scavi di fabbricati o di opere anche totalmente interrato dovrà essere mantenuta al di fuori della fascia di rispetto stabilita.

6) Il dimensionamento idraulico delle opere di attraversamento, il calcolo delle portate di massima piena e le rispettive verifiche idrauliche saranno realizzati con riferimento alle piene con tempo di ritorno pari a 100 anni.

7) Le opere in subalveo dovranno essere realizzate a quote compatibili con l'evoluzione prevista del fondo alveo, non tenendo conto di specifiche opere trasversali volte a ristabilire la quota di fondo in corrispondenza degli attraversamenti.

8) La distanza delle opere dal corso d'acqua dovrà essere misurata con riferimento al piede arginale esterno, o in assenza di argini in rilevato, in generale dalla sommità della sponda incisa. Nel caso di sponde stabili, consolidate e protette, le distanze possono essere misurate con riferimento alla linea individuata dalla piena ordinaria.

9) In sede di richiesta di autorizzazione idraulica dovrà essere presentata una tavola di sovrapposizione fra il rilievo aerofotogrammetrico e la mappa catastale, in modo da appurare l'eventuale occupazione di suolo demaniale; inoltre dovrà essere dimostrata, mediante misurazione diretta, la distanza effettiva dal corso d'acqua per la verifica della fascia di rispetto.

Art. 5 – Aree in dissesto idraulico ed idrogeologico ai sensi del PAI

Il territorio di Endine è stato originariamente interessato da perimetrazioni PAI, che sono state riviste nel 2002 tramite lo studio delle conoidi alluvionali di Piangaiano, Valmaggiore, Tironega e San Felice, con la finalità di proporre l'aggiornamento e la modifica del quadro del dissesto. Allo stato attuale il Comune di Endine Gaiano è identificato nella tabella 1 dell'allegato 13 della D.G.R. 28-05-2008 n. 8/7374 fra i comuni che hanno concluso l'iter di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI.

Le uniche aree rimaste perimetrare sono le suddette conoidi alluvionali, la cui zonazione ha condotto all'individuazione di aree di conoide attivo parzialmente protette ed aree di conoide protette. Le attività vietate e consentite in tali aree sono sinteticamente di seguito descritte; per maggiori dettagli si rimanda alle norme di attuazione del PAI.

Art. 5.1 – Aree di conoide attivo parzialmente protette

Le aree di conoide attivo parzialmente protette sono situate lungo la fascia di sviluppo del torrente e sono inserite in classe di fattibilità 4. Le N.d.A. del PAI prevedono che in tali aree siano consentite le seguenti attività:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;

- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue.
- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue.

Art. 5.2 – Aree di conoide protette

Le aree di conoide protette sono situate esternamente al corso d'acqua e sono inserite in classe di fattibilità 2 e 3. Le N.d.A. del PAI prevedono che in tali aree compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.

La normativa tecnica inerente le aree di conoide protette è quindi riferita a quella delle classi di fattibilità 2 e 3.

Art. 6 – Zone di protezione delle captazioni ad uso idropotabile

Il territorio comunale di Endine è interrelato dalla presenza di tre sorgenti pubbliche ad uso idropotabile, per le quali si applica la normativa di tutela contenuta nel D.Lgs. 18-08-2000 n. 258. Per le zone di tutela assoluta e di rispetto non è prevista l'attribuzione di una classe di fattibilità particolare, in quanto queste aree sono già soggette ad un vicolo connesso con precise attività vietate e consentite.

Art. 6.1 – Zona di tutela assoluta

La zona di tutela assoluta ha estensione di almeno 10 m e deve essere adeguatamente protetta ed adibita esclusivamente alle opere di captazione e ad infrastrutture di servizio.

Art. 6.2 – Aree comprese nella fascia di rispetto

La fascia di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile costituisce un'area di protezione da possibili contaminazioni delle acque sotterranee emunte utilizzate. La fascia tracciata attorno alle sorgenti è stata ricostruita con criterio geometrico, disegnando un cerchio con centro nell'opera di captazione esteso a monte con un raggio pari a 200 m e delimitato a valle dall'isoipsa passante per la captazione. La normativa di riferimento è rappresentata dal D.Lgs. 18-08-2000 n. 258 e della D.G.R. 10-04-2003 n. 7/12693; l'attuazione degli interventi e delle attività elencate all'art. 5 comma 6 del citato decreto legislativo (edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione, fognature, opere viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio) è subordinata all'effettuazione di uno studio idrogeologico che accerti la compatibilità dell'intervento con il rischio di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e dia prescrizioni apposite sulle modalità di attuazione degli interventi stessi. In ogni caso laddove siano previsti insediamenti industriali e/o artigianali si dovranno realizzare due piezometri, uno a monte ed uno a valle dell'area d'intervento dove poter controllare in caso di necessità le variazioni di livello delle acque sotterranee e la qualità chimica dell'acqua.

Di seguito si riporta sinteticamente l'elenco delle attività vietate entro le fasce di rispetto delle sorgenti, rimandando alle normative suddette per ulteriori dettagli:

1. dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurati;
2. accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
3. spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
4. dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;
5. aree cimiteriali;
6. apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
7. apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione della estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;
8. gestione di rifiuti;
9. stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
10. centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
11. pozzi perdenti;
12. pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione; è comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.
13. realizzazione di fosse settiche, pozzi perdenti, bacini di accumulo di liquami ed impianti di depurazione;

14. dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche e la realizzazione di vasche di laminazione e di prima pioggia;
15. realizzazione a servizio della nuova abitazione di depositi di materiali pericolosi e di condotte che trasportino sostanze pericolose;
16. uso di diserbanti e fertilizzanti all'interno dei giardini, a meno di non utilizzare sostanze antiparassitarie che presentino una ridotta mobilità nei suoli.

Art. 7 – Studi di approfondimento dello strumento geologico comunale

La D.G.R. 28-05-2008 n. 8/7374 contiene le direttive inerenti gli studi di approfondimento indispensabili per analizzare con maggior dettaglio le condizioni di pericolosità del territorio. Tali procedure dovranno essere applicate allorché si desideri ripermire ambiti soggetti a vincolo o declassare aree precedentemente inserite in classe 4 di fattibilità geologica.

In ogni caso la scelta e la facoltà di ripermire o declassare un sito spetta all'Amministrazione Comunale.

Art. 8 – Norme tecniche finalizzate agli studi di approfondimento per la progettazione antisismica degli interventi edilizi

Le procedure di calcolo e le tecniche esecutive inerenti l'ambito edilizio sono stati regolati dallo Stato Italiano mediante l'emanazione delle "Norme tecniche per le costruzioni", pubblicate con Decreto Ministeriale del 14-09-2005 e modificate con Decreto Ministeriale del 14-01-2008. Per quanto attiene gli aspetti riguardanti le costruzioni in zone sismiche si fa riferimento alla OPCM 3274 del 20-03-2003, successivamente modificata in varie occasioni sino alla versione definitiva dell'Ordinanza 3431 del 03-05-2005.

Allo stato attuale l'Ordinanza è in vigore dal 23 ottobre 2005, mentre l'applicazione del decreto ministeriale è prorogata sino al 30-06-2009, periodo transitorio durante il quale è possibile in alternativa continuare ad applicare nelle aree sismiche i contenuti tecnici del Decreto Ministeriale del 16-01-1996 e delle norme connesse. Fanno eccezione le nuove progettazioni degli interventi relativi agli edifici ed alle opere infrastrutturali di cui al decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile 21-10-2003, per le quali si applicano da subito le disposizioni del D.M. 14-01-2008.

L'individuazione delle zone sismiche del territorio italiano è riferita alla nuova classificazione, contenuta nella suddetta Ordinanza e recepita dalla Regione Lombardia con D.G.R. 07-11-2003 n. 14964.

Fino al termine del periodo di monitoraggio ai sensi della D.G.R. 07-11-2003 n. 14964 in zona 4 la progettazione antisismica è obbligatoria esclusivamente per gli edifici

strategici e rilevanti, così come individuati dal Decreto n. 19904 del 21-11-2003, non rientranti nelle tipologie di cui al decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile 21-10-2003. Qualora si optasse per l'utilizzo della normativa precedente in materia, per il Comune di Endine Gaiano, inserito in zona 3 nella classificazione nazionale, si dovrà considerare un valore del grado di sismicità basso $S = 6$.

Gli studi di approfondimento dovranno essere realizzati prima della progettazione degli interventi edilizi e la relazione geologica e geotecnica di supporto dovrà essere consegnata in sede di presentazione dei Piani Attuativi o in sede di richiesta del permesso di costruire.

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto dovrà essere effettuata direttamente per il sito in esame, sulla base delle informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nella tabella 1 nell'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008.

Il secondo livello di approfondimento sulle zone Z3 e Z4 ha consentito di appurare che non vi sono aree, interferenti con l'urbanizzato e/o con l'urbanizzabile, in cui la normativa nazionale risulta inadeguata a rappresentare gli effetti locali prodotti da un sisma. Non sono quindi indispensabili per tali zone approfondimenti di 3° livello.

Gli scenari corrispondenti alle zone Z1 e Z2 individuate sul territorio dovranno invece essere oggetto di specifici studi di 3° livello, onde accertare con opportune indagini geotecniche e geofisiche l'esistenza di rischi reali sulle opere in progetto.

I risultati delle analisi di terzo livello saranno utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.

8 - ALLEGATI

8.1 – Allegati alla relazione geologica generale

- ◆ Pozzi per acqua
- ◆ Indagini geognostiche
- ◆ Schede degli effetti litologici
- ◆ Schede degli effetti morfologici
- ◆ Certificato indagine geofisica con il metodo ReMi

8.2 – Cartografia tematica

- ◆ Tav. 1 – Carta della Pericolosità Sismica Locale in scala 1:10.000
- ◆ Tav. 2a, 2b – Carta dei Vincoli Geologico-Ambientali in scala 1:5.000
- ◆ Tav. 3a, 3b, 3c – Carta di fattibilità delle azioni di piano in scala 1:2.000
- ◆ Tav. 4 – Carta di fattibilità delle azioni di piano in scala 1:10.000

POZZI PER ACQUA

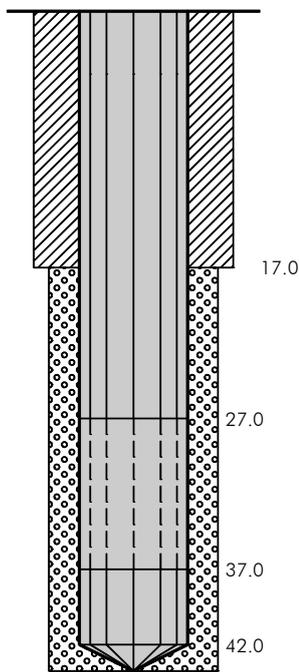
COMUNE DI ENDINE GAIANO

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale
relativamente alla componente sismica

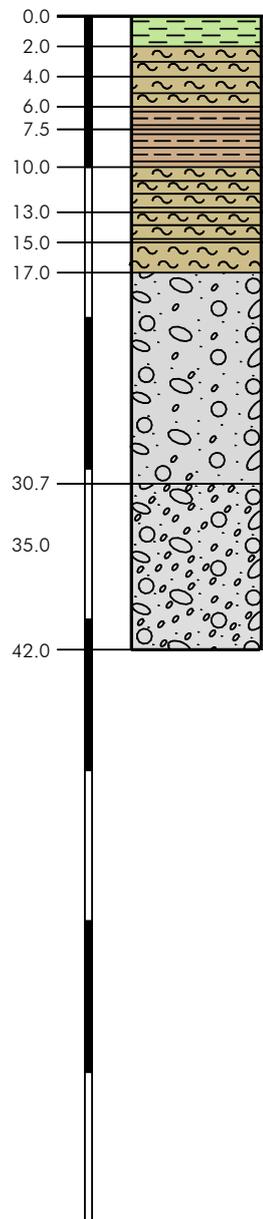
POZZO PER ACQUA N. 1

Proprietario Tessfilca S.r.l.	Località Via San Remigio	Impresa e data di perforazione -
Livello statico (m) = 2.0 Livello dinamico (m) = 2.6 Portata (l/s) =	Diametro di perforazione (mm) = 914/760 Diametro della colonna (mm) = 500 Lunghezza della colonna (m) = 42.0	Filtri (m) = 27.0/37.0 Impermeabilizzazione (m) = 0.0/17.0 Quota bocca pozzo (m s.l.m.) = 335

STRUTTURA DEL POZZO



STRATIGRAFIA



DESCRIZIONE LITOLOGICA

0.0 Terreno vegetale torboso
2.0 Limo argilloso con resti vegetali
4.0 Limo argilloso molle misto a resti vegetali
6.0 Argilla limosa con lenti torbose
7.5 Argilla limosa impregnata di sostanze torbose
10.0 Limo argilloso torboso
13.0 Limo argilloso marrone con sostanze vegetali
15.0 Limo grigio piombo debolmente argilloso
17.0
30.7 Ghiaia
35.0
42.0 Ghiaia e ghiaietto



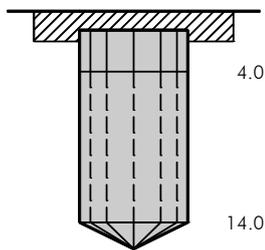
COMUNE DI ENDINE GAIANO

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale
relativamente alla componente sismica

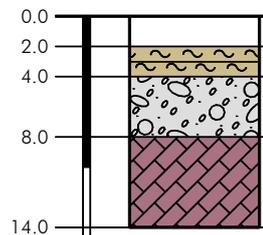
POZZO PER ACQUA N. 2

Proprietario F.Ili Cantamessa S.p.A.	Località S.S. 42 del Tonale	Impresa e data di perforazione -
Livello statico (m) = 2.35 Livello dinamico (m) = Portata (l/s) = 1.0	Diametro di perforazione (mm) = Diametro della colonna (mm) = 250 Lunghezza della colonna (m) = 14.0	Filtri (m) = 4.0/14.0 Impermeabilizzazione (m) = 0.0/2.0 Quota bocca pozzo (m s.l.m.) = 345

STRUTTURA DEL POZZO



STRATIGRAFIA



DESCRIZIONE LITOLOGICA

Avampo
Limo argilloso
Ghiaietto pulito
Roccia

PROFONDITÀ DAL PIANO CAMPAGNA (m)





Dott. Alberto Manella
Studio di Geologia

INDAGINI GEOGNOSTICHE

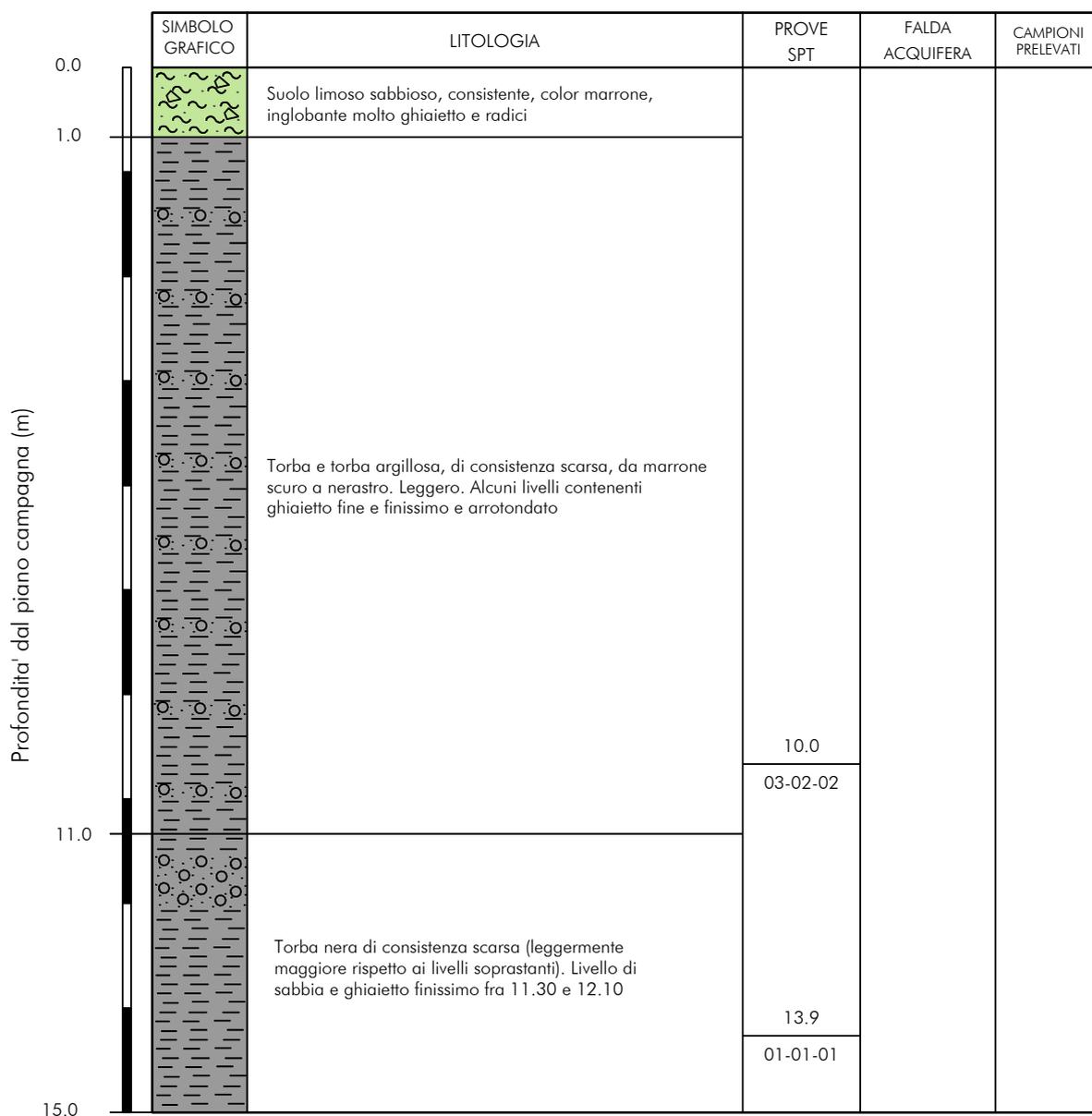
COMUNE DI ENDINE GAIANO
Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale
relativamente alla componente sismica

COMUNE DI ENDINE GAIANO

*Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale
relativamente alla componente sismica*

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO MECCANICO

Tipo di perforazione = rotazione	Profondità del rivestimento (m) = 15.0	Quota piano campagna (m s.l.m.) = 340
Diametro del foro (mm) =	Campioni prelevati =	Lunghezza sondaggio (m) = 15.0
Diametro del rivestimento (mm) =	Fluido di perforazione = acqua	Profondità falda (m) =

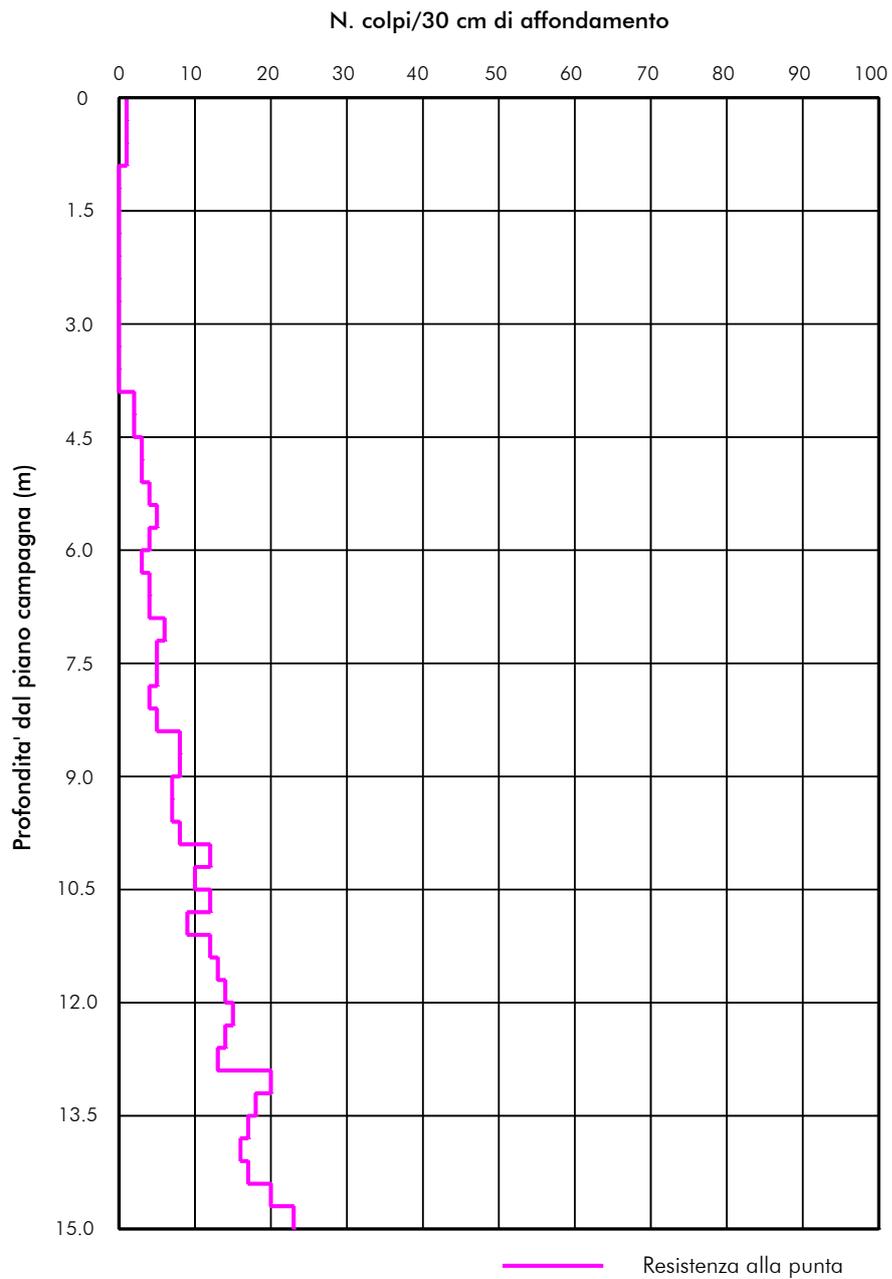


COMUNE DI ENDINE GAIANO

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale
relativamente alla componente sismica

DIAGRAMMA PENETROMETRICO N. 1

Tipo di prova = DPSH	Peso del maglio (kg) = 73	Impresa esecutrice =
Diametro della punta (mm) = 50.8	Altezza di caduta del maglio (cm) = 75	Quota piano campagna (m s.l.m.) = 340
Conicità della punta = 60°	Avanzamento (cm) = 30	Profondità falda (m) =



COMUNE DI ENDINE GAIANO

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale
relativamente alla componente sismica

DIAGRAMMA PENETROMETRICO N. 2

Tipo di prova = DPSH

Diametro della punta (mm) = 50.8

Conicità della punta = 60°

Peso del maglio (kg) = 73

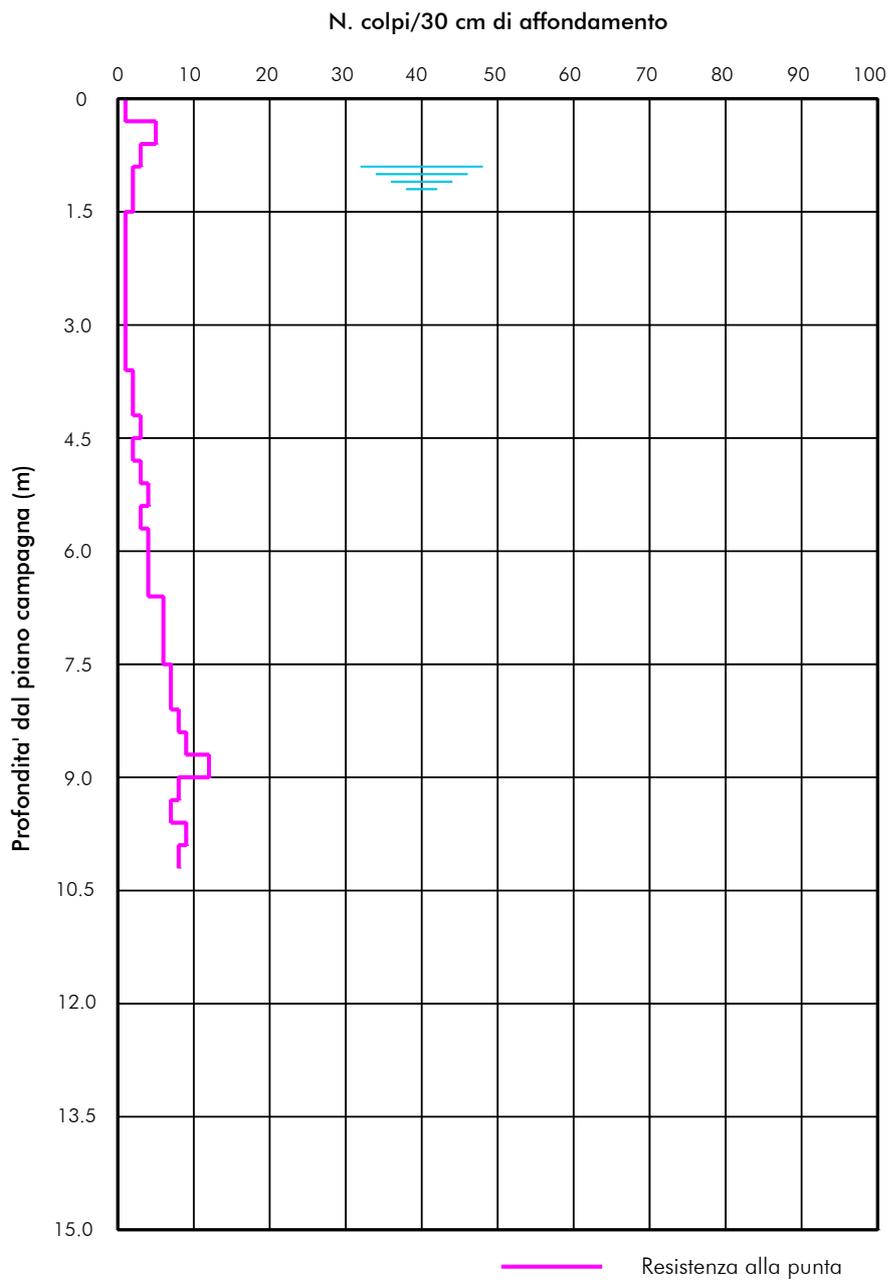
Altezza di caduta del maglio (cm) = 75

Avanzamento (cm) = 30

Impresa esecutrice = Dott. Zanchi

Quota piano campagna (m s.l.m.) = 350

Profondità falda (m) = 0.9



Dott. Alberto Manella
Studio di Geologia

COMUNE DI ENDINE GAIANO

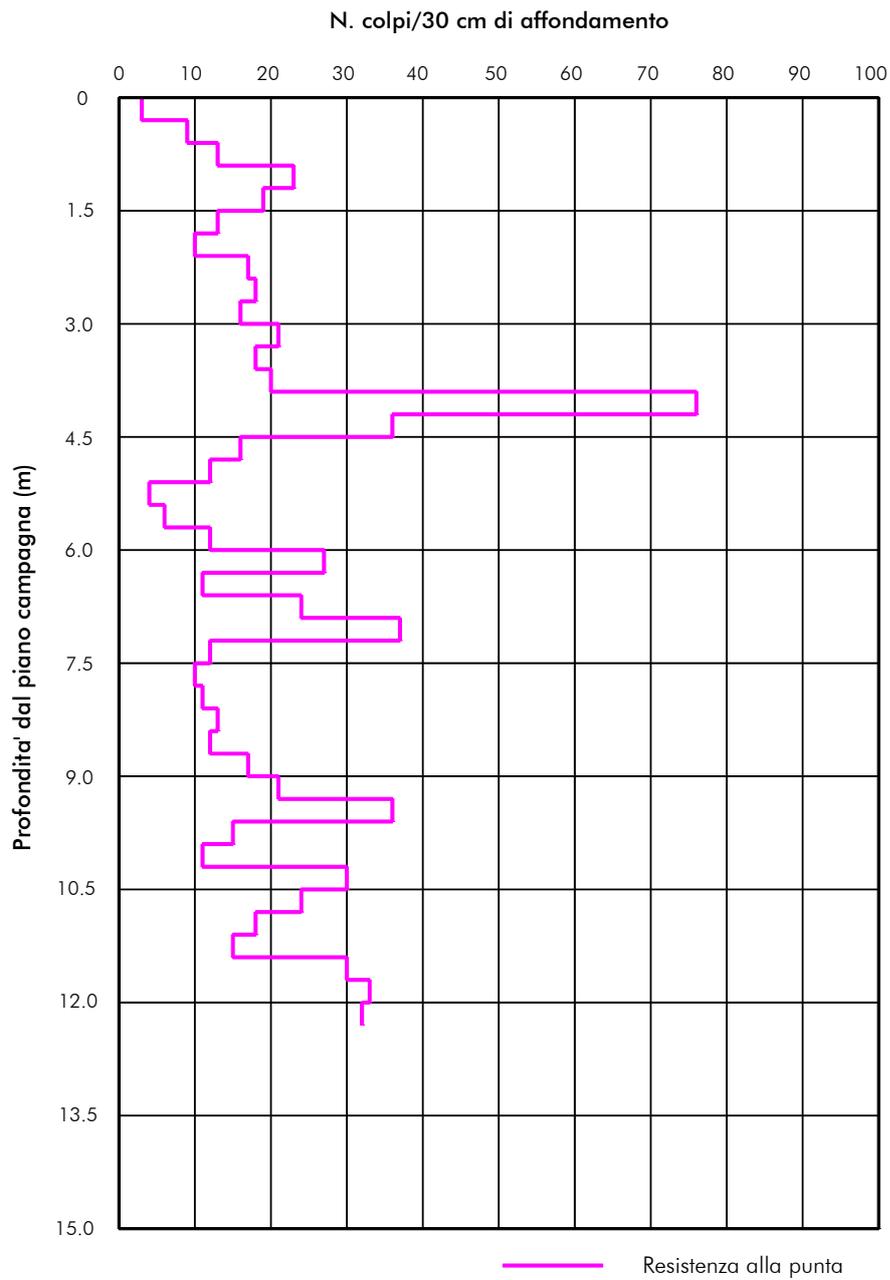
Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale
relativamente alla componente sismica

DIAGRAMMA PENETROMETRICO N. 3

Tipo di prova = DPSH
Diametro della punta (mm) = 50.8
Conicità della punta = 60°

Peso del maglio (kg) = 73
Altezza di caduta del maglio (cm) = 75
Avanzamento (cm) = 30

Impresa esecutrice = SGB perforazioni
Quota piano campagna (m s.l.m.) = 350
Profondità falda (m) =



Dott. Alberto Manella
Studio di Geologia

COMUNE DI ENDINE GAIANO

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale
relativamente alla componente sismica

DIAGRAMMA PENETROMETRICO N. 4

Tipo di prova = DPSH

Diametro della punta (mm) = 50.8

Conicità della punta = 60°

Peso del maglio (kg) = 73

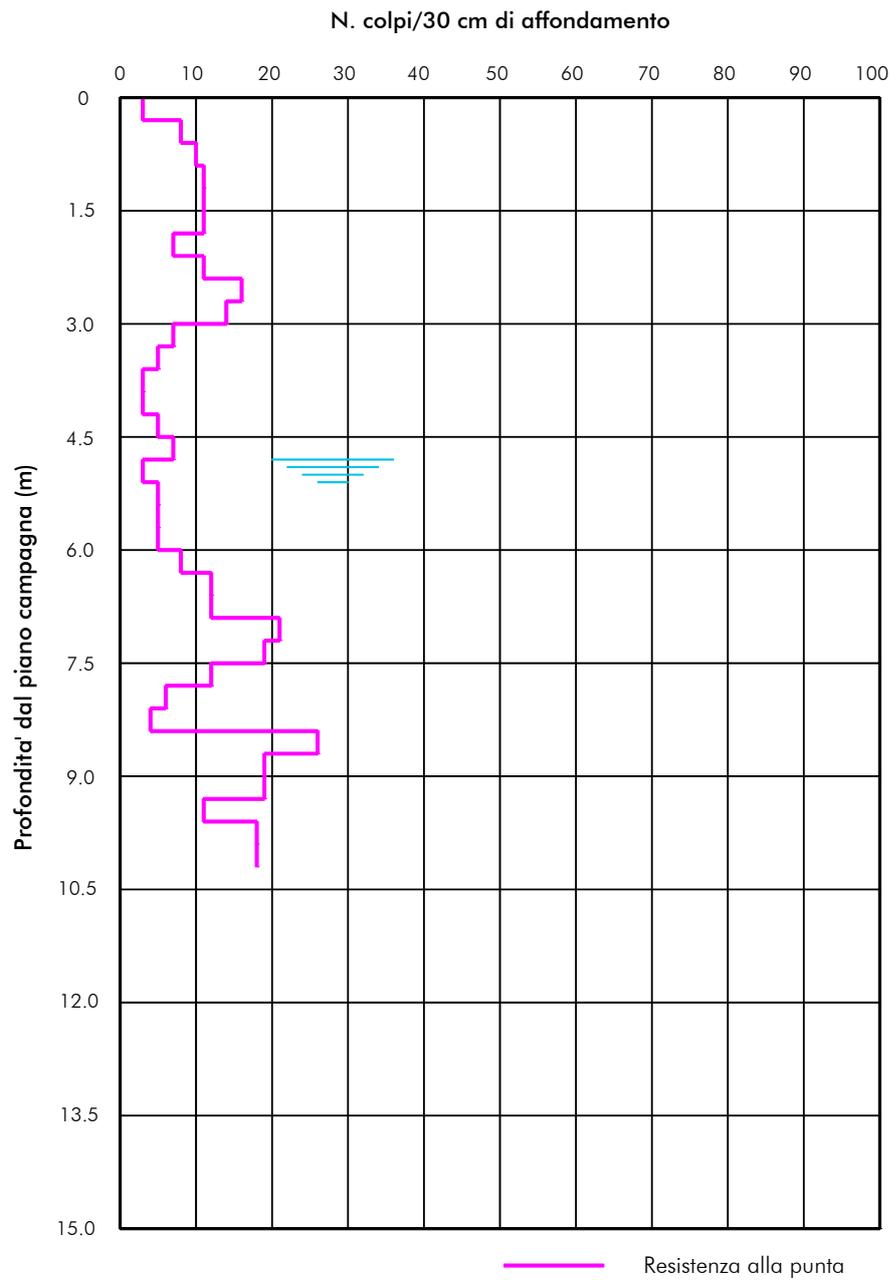
Altezza di caduta del maglio (cm) = 75

Avanzamento (cm) = 30

Impresa esecutrice = SGB perforazioni

Quota piano campagna (m s.l.m.) = 364

Profondità falda (m) = 4.8



SCHEDE DEGLI EFFETTI LITOLOGICI

COMUNE DI ENDINE GAIANO

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA GHIAIOSA Zona pedemontana di falda di detrito e conoide alluvionale (scenario Z4b)

PARAMETRI INDICATIVI

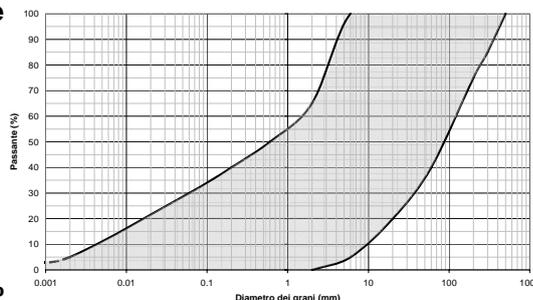
GRANULOMETRIA:

Da ghiaie e ciottoli con blocchi a ghiaie e sabbie limose debolmente argillose passando per ghiaie con sabbie limose, ghiaie sabbiose, ghiaie con limo debolmente sabbiose e sabbie con ghiaie

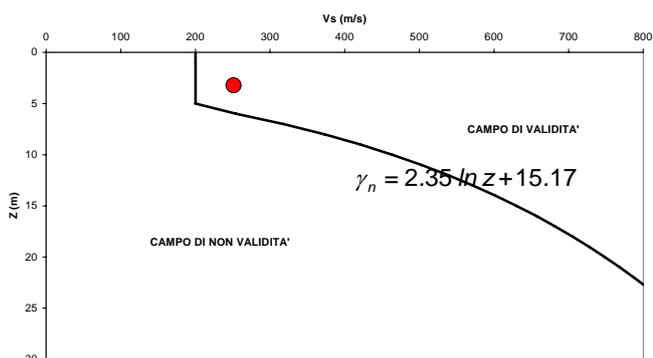
NOTE:

Comportamento granulare
Struttura granulo-sostenuta
Frazione ghiaiosa superiore al 35%
Frequenti clasti con $D_{max} > 20$ cm
Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 65%
Matrice limoso - argillosa fino ad un massimo del 30% con frazione argillosa subordinata (fino al 5%)
Presenza di eventuali trovanti con $D > 50$ cm

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



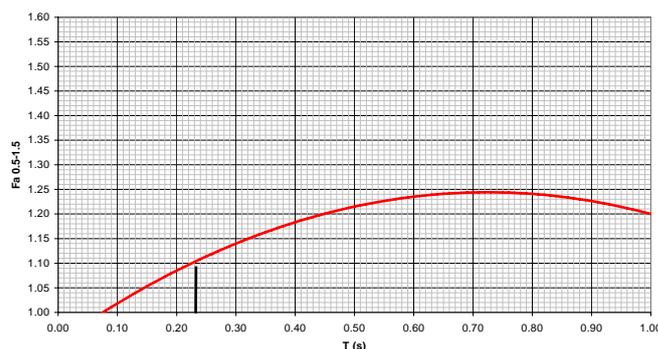
ANDAMENTO DEI VALORI DI V_s CON LA PROFONDITA'



Profondità primo strato (m)

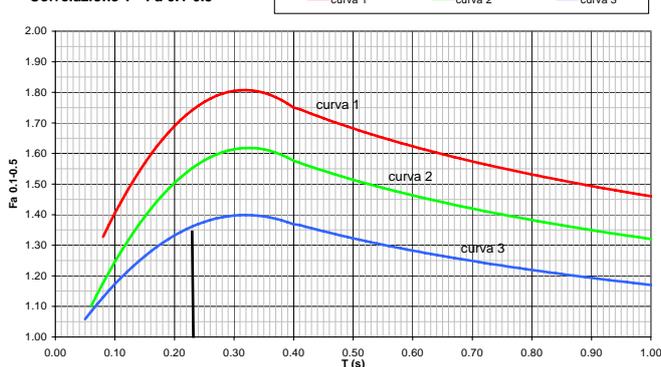
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
200				1	1									
250				2	2	2								
300				3	3	3	3							
350				3	3	3	3	3						
400				3	3	3	3	3	3					
450				3	3	3	3	3	3	3				
500				3	3	3	3	3	3	3	3			
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



$$Fa_{0.5-1.5} = -0.58T^2 + 0.84T + 0.94$$

Correlazione T - Fa 0.1-0.5



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -8.5T^2 + 5.4T + 0.95$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.46 - 0.32LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.4T^2 + 4.8T + 0.84$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.32 - 0.28LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -4.7T^2 + 3.0T + 0.92$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.17 - 0.22LnT$



Dott. Alberto Manella
Studio di Geologia

COMUNE DI ENDINE GAIANO

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA GHIAIOSA Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (scenario Z4c)

PARAMETRI INDICATIVI

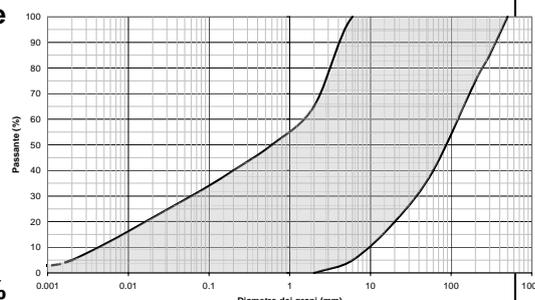
GRANULOMETRIA:

Da ghiaie e ciottoli con blocchi a ghiaie e sabbie limose debolmente argillose passando per ghiaie con sabbie limose, ghiaie sabbiose, ghiaie con limo debolmente sabbiose e sabbie con ghiaie

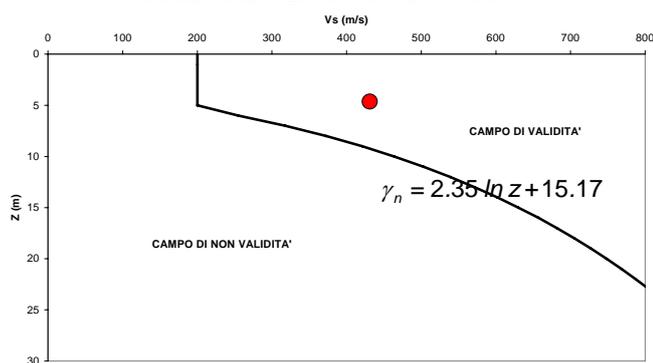
NOTE:

- Comportamento granulare
- Struttura granulo-sostenuta
- Frazione ghiaiosa superiore al 35%
- Frequenti clasti con $D_{max} > 20$ cm
- Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 65%
- Matrice limoso - argillosa fino ad un massimo del 30% con frazione argillosa subordinata (fino al 5%)
- Presenza di eventuali trovanti con $D > 50$ cm

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



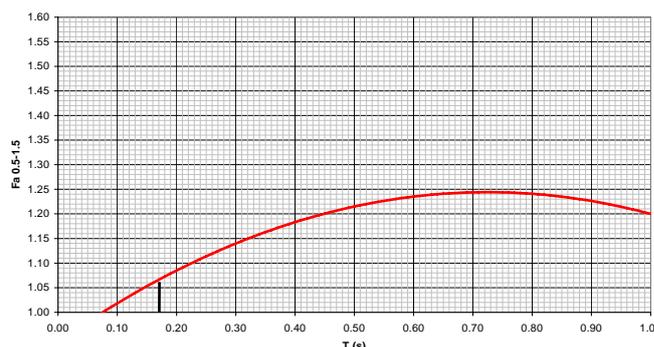
ANDAMENTO DEI VALORI DI V_s CON LA PROFONDITA'



Profondità primo strato (m)

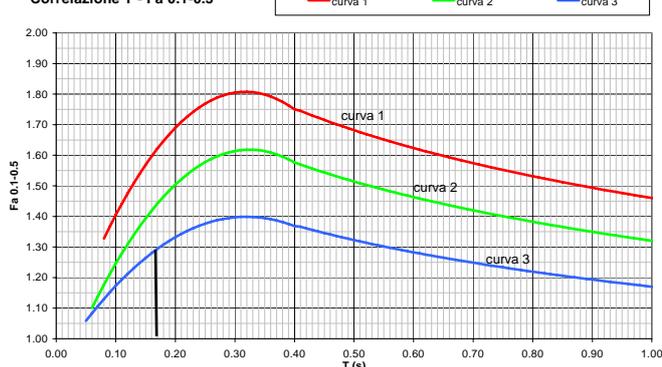
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
200				1	1									
250				2	2	2								
300				3	3	3	3							
350				3	3	3	3	3						
400				3	3	3	3	3	3					
450				3	3	3	3	3	3	3				
500				3	3	3	3	3	3	3	3			
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3		
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Correlazione T - F_a 0.5-1.5 s



$$F_{a_{0.5-1.5}} = -0.58T^2 + 0.84T + 0.94$$

Correlazione T - F_a 0.1-0.5



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$ $F_{a_{0.1-0.5}} = -8.5T^2 + 5.4T + 0.95$	$0.40 < T \leq 1.00$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.46 - 0.32LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.40$ $F_{a_{0.1-0.5}} = -7.4T^2 + 4.8T + 0.84$	$0.40 < T \leq 1.00$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.32 - 0.28LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $F_{a_{0.1-0.5}} = -4.7T^2 + 3.0T + 0.92$	$0.40 < T \leq 1.00$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.17 - 0.22LnT$



Dott. Alberto Manella
Studio di Geologia

SCHEDE DEGLI EFFETTI MORFOLOGICI

COMUNE DI ENDINE GAIANO

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica

EFFETTI MORFOLOGICI – SCARPATE – Z3a

PARAMETRI MORFOLOGICI

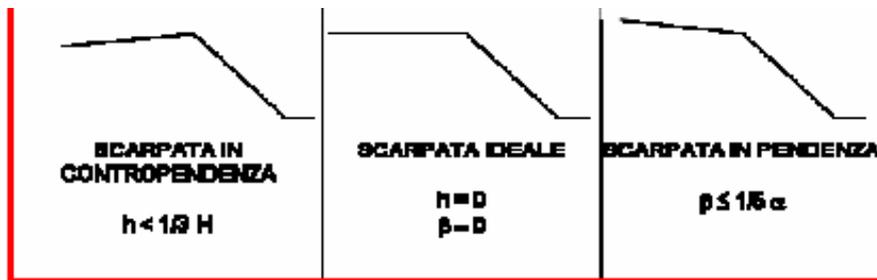
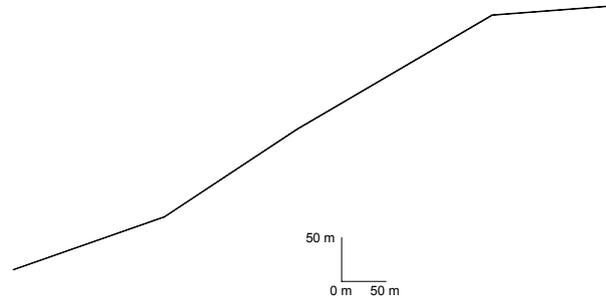
H = 290 m

h = -

$\alpha = 29^\circ$

$\beta = 4^\circ$

Tipologia scarpata = in pendenza



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0.1-0.5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = 3/4 H$
H > 40 m	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = 2/3 H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

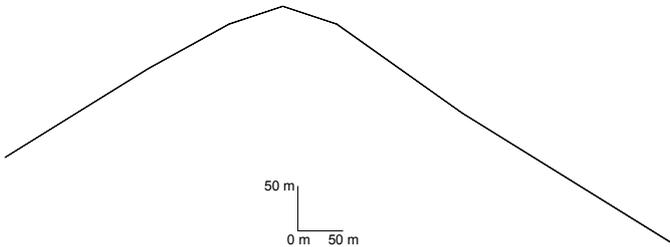
COMUNE DI ENDINE GAIANO

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica

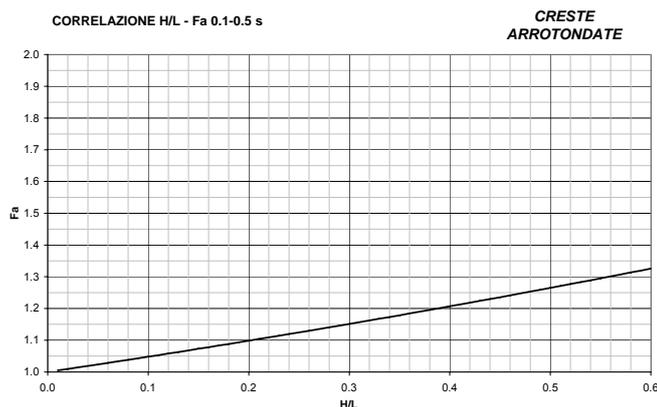
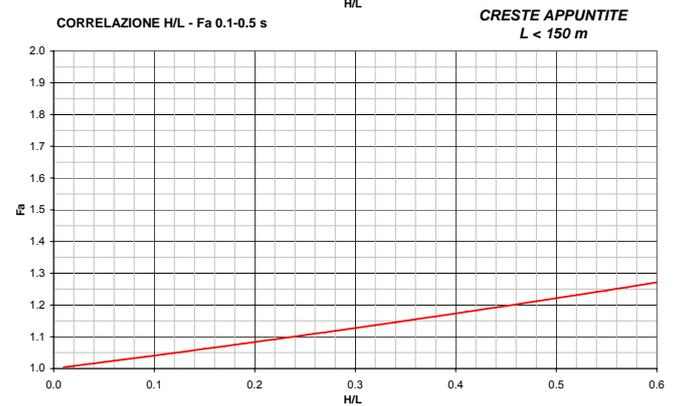
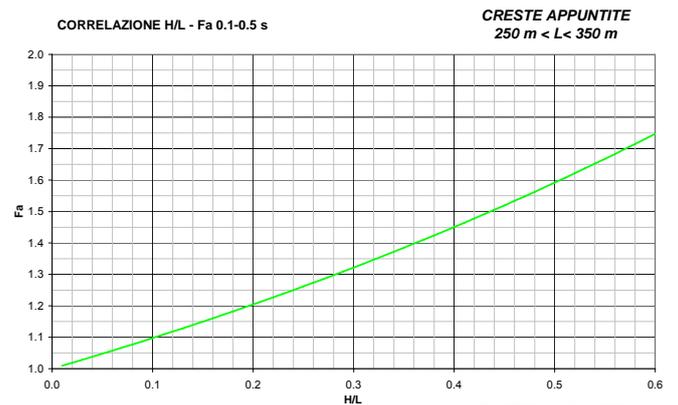
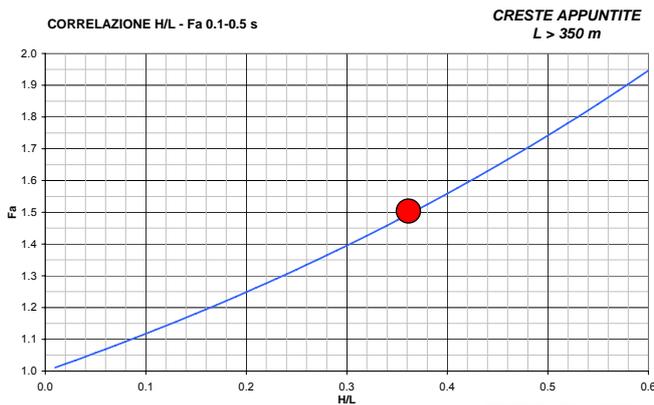
EFFETTI MORFOLOGICI – CRESTE - SCENARIO Z3b

PARAMETRI MORFOLOGICI

H = 270 m
 h = 170 m
 L = 750 m
 l = 120 m
 H/L = 0,36
 Tipologia cresta = appuntita



	L > 350	250 < L < 350	150 < L < 250	L < 150
Creste Appuntite	$Fa_{0.1-0.5} = e^{1.11H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.93H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.73H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.40H/L}$
Creste Arrotondate	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.47H/L}$			



CERTIFICATO INDAGINE GEOFISICA

COMUNE DI ENDINE GAIANO
Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale
relativamente alla componente sismica



Regione Lombardia

 **PROGEA Consulting s.r.l.**

Sede Legale : via G.Garibaldi, 40 - 24036 Ponte San Pietro (BG)

Sede Operativa : via Donizetti, 109 int. D1a - 24030 Brembate Sopra (BG)

Tel. 0353322281 - 3489045300 - e-mail : PROGEA09@progeaconsulting.191.it



**Comune di Endine Gaiano
Prov. di Bergamo**



**Indagine geofisica avanzata per la caratterizzazione
geotecnica dei siti con tecniche passive utilizzando il
metodo dei microtremori (Refraction Microtremor)**

Luglio 2008



PROGEA Consulting S.r.l.

Sede legale : via G. Garibaldi, 40 - 24036 Ponte San Pietro (BG)
Sede operativa : via G. Donizetti, 109 - 24030 Brembate Sopra (BG)
complesso immobiliare Geller - edificio D1a

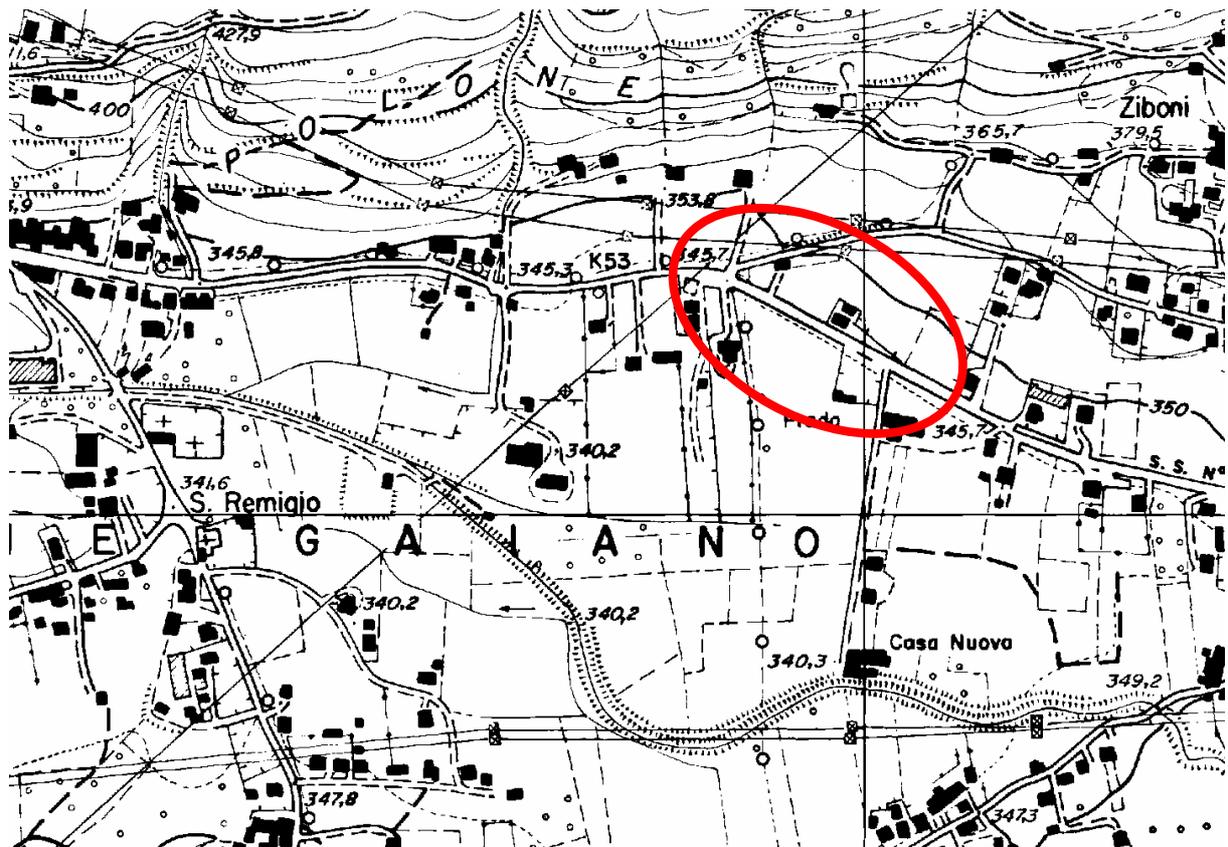


PREMESSA

Su incarico del dr. geol. Manella Alberto, abbiamo eseguito una prospezione geofisica di tipo sismico necessaria per la determinazione delle Vs 30 in ottemperanza all'Ordinanza 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri che ha introdotto la nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica adeguando così il nostro Paese allo standard europeo.

Il piano delle indagini ha previsto l'esecuzione di n. 1 ReMi (Refraction Microtremor – tecnica di indagine indiretta passiva) .

La stesa dei cavi sismici, necessari per l'indagine suesposta, è stata ubicata in fregio alla S.S. n° 42 del Tonale e della Mendola in un contesto caratterizzato da media antropizzazione materializzata da edifici prevalentemente residenziali. Il rumore ambientale è stato garantito dal frequente passaggio di autoveicoli in corrispondenza del tratto stradale di cui sopra.



TECNICA REMI

Premessa

La tecnica di analisi del sottosuolo mediante l'uso di microtremori (Refraction Microtremor) prende origine dagli studi e dalle sperimentazioni condotte da J. Louie presso la Nevada University e fornisce una caratterizzazione semplificata di volumi relativamente ampi del sottosuolo in profili verticali 1D sino alla profondità di 100 metri.

ReMi può caratterizzare un orizzonte meno veloce che è sottostante ad uno più veloce (velocity reversal) che rappresenta una condizione non distinguibile con il metodo tradizionale della sismica a rifrazione.

In situazioni dove un terreno più "competente" è sovrapposto a una zona più debole legata a subsidenza o al collasso di materiali più deboli sottostanti o a spazi vuoti, ReMi ha la capacità di individuare la velocità delle onde S dell'orizzonte debole sottostante. E' inoltre efficace come metodo nella caratterizzazione rapida e generale del sottosuolo, specialmente se abbinata alla sismica a rifrazione, con lo scopo di definire il contatto roccia / terreno o il contrasto tra materiali più deboli / più compatti

I dati di campagna (analisi dei microtremori) possono essere acquisiti con un equipaggiamento standard di sismica a rifrazione, usando geofoni ad alta frequenza per stendimenti corti, con profondità di investigazione limitata e geofoni a bassa frequenza per applicazioni geotecniche tipiche con profondità di indagine elevata. La fonte di energia delle onde di superficie per il ReMi può essere il rumore ambientale o i semplici passi per stendimenti che indagano profondità limitate o rumore di veicoli per lunghezze maggiori. I profili ReMi si eseguono con successo in aree urbane con attività considerevole, usando il rumore ambientale come fonte di energia. Per indagini presso autostrade, il passaggio dei veicoli può servire da sorgente di energia. Le velocità delle onde S (onde di taglio), il tipico parametro misurato dei materiali geologici, sono una funzione dei moduli dei vari materiali nel profilo del sottosuolo. Le basi della teoria sono le stesse dell'analisi spettrale delle onde di superficie (SASW) e della multi analisi delle onde di superficie (MASW).

GENERALITA' SUL METODO

L'analisi e l'interpretazione ReMi viene eseguita utilizzando un software appropriato prodotto dalla Optim LLC (Reno, Nevada, USA) che tra l'altro fornisce direttamente il valore di V_{s30} e la categoria della classificazione del suolo secondo la normativa americana.

L'elaborazione del segnale consiste nell'elaborare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" ($p-f$) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentarne lo spettro di potenza su un grafico $p-f$ (fig.1/b).

In questa immagine risaltano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, ed è possibile un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh, che hanno carattere dispersivo, da quelle riconducibili ad altri modi e tipi di onde (onde di pressione, suono, rumore incoerente).

A questo punto l'operatore, in modo arbitrario ed in base all'esperienza, esegue un picking attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness (p o $1/\text{velocità di fase}$) per talune frequenze. Questi

valori vengono in seguito plottati su un diagramma *periodo-velocità di fase* per l'analisi della curva di dispersione (fig.1/a) e l'ottimizzazione di un modello diretto (fig. 2).

EQUIPAGGIAMENTO E PROCEDURE

Le indagini sono state eseguite in accordo con quanto descritto da Louie per sviluppare profili verticali 1D delle onde di taglio. E' stato impiegato lo stesso equipaggiamento che generalmente viene usato per la sismica a rifrazione.

Quando opportuno, vengono acquisiti entrambi i dati, onde P e onde S con la stessa stesa sismica ; in questo modo i risultati delle indagini sono complementari e servono come controllo di qualità, tarandosi a vicenda.

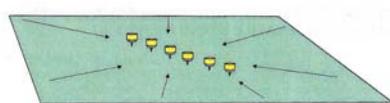
Equipaggiamento

E' stato usato un sismografo multicanale OYO McSeis XP 48 ch. capace di acquisire fino a 36000 campioni per canale con intervallo di campionamento da 1 a 4 ms in formato SEG2 o SEG-Y. I cavi dei geofoni hanno spaziatura delle uscite di 10 metri con la possibilità di tutte le misure intermedie. I geofoni verticali con frequenza di risonanza di 4.5 Hz sono stati usati per l'analisi dei profili verticali delle onde S. Come sorgente di energia delle onde superficiali si è sfruttato il "noise" ambientale a banda larga.

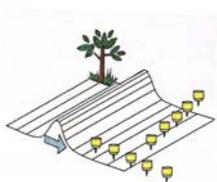
Procedure ReMi

E' stata eseguita una linea sismica della lunghezza di 115 metri utilizzando due cavi sismici e 24 geofoni mentre la distanza tra i geofoni è risultata essere di 5 metri. La spaziatura geofonica rappresenta una sorta di filtro di frequenza per il segnale che può arrivare da tutte le direzioni. Pertanto è implicito che maggiore è la spaziatura minore è la frequenza del segnale utile campionabile e conseguentemente maggiore è la profondità di investigazione.

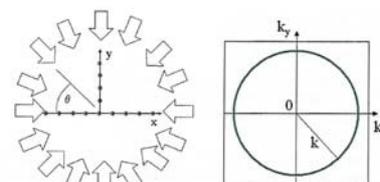
L'acquisizione dati è consistita nel campionamento dell'ambiente e/o delle onde di superficie generate (un evento di campionamento) in corrispondenza della stesa sismica per diversi secondi. I parametri di acquisizione adottati sono i seguenti : sample rate 2 m/s ; record length 32 s ; numero di misure acquisite = 10. Poiché non si era in presenza di una sorgente fissa di "noise" non si è provveduto a ruotare di 90° lo stendimento sismico (accompagnato dalla ripetizione di alcune acquisizioni). L'analisi complessiva del segnale mitiga l'effetto della unidirezionalità della sorgente ed evita di incorrere nella sottostima della velocità di fase durante la successiva e delicata operazione di picking. Con sorgenti in tutte le direzioni (energia omogeneamente proveniente dalle diverse direzioni) lo stendimento lineare agisce come media sui diversi azimuth.



Array lineare



Velocità apparente



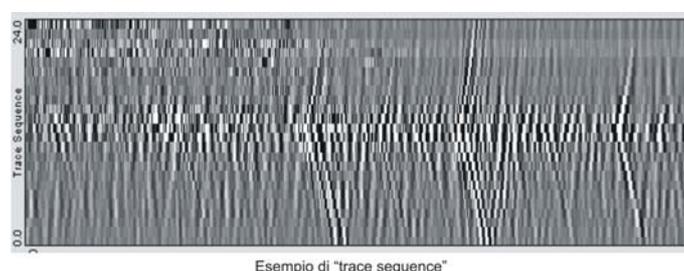
Array 2D

INTERPRETAZIONE

Sebbene un controllo iniziale e preliminare di qualità dell'interpretazione dei dati ReMi può essere eseguito sul terreno, l'interpretazione completa va fatta in ufficio. I dati acquisiti in campagna sono stati trasferiti dal sismografo al personal computer, utilizzando per l'interpretazione il software SeisOpt ReMi della Optim, che è composto da due moduli.

Analisi del segnale

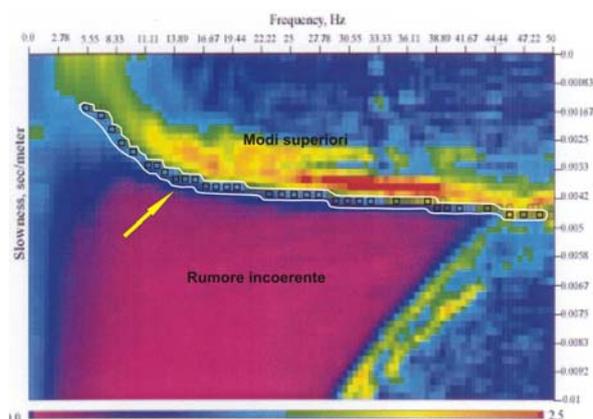
Nella prima fase elaborativi dei record l'interprete si è limitato ad eseguire alcuni passi obbligati quali la conversione dei file ed il preprocess semiautomatizzato che filtra ed equalizza le tracce. Inoltre sono stati introdotti alcuni parametri : la geometria utilizzata, la frequenza massima da indagare, la velocità di fase minima di partenza ed il numero di vettori "slowness" ($np=2*n$ geofoni).



Gli ultimi tre parametri, opportunamente scelti, concorrono ad aumentare il dettaglio dello spettro di potenza $p-f$ ed a renderlo più adatto ad una campionatura meno ambigua della curva di dispersione. Sostanzialmente il corretto dimensionamento dei parametri suesposti e che sono suggeriti dall'esperienza dell'interprete, ha lo scopo di diminuire il grado di incertezza e di arbitrarietà che distingue le operazioni di campionature della curva di dispersione.

Picking

Muovendosi con il puntatore del mouse sopra l'immagine $p-f$ (fig. 1/b) sono state selezionate un ragionevole numero di triplette di valori ($f, p, V_{\text{apparente}}$) ricalcando il trend visualizzato nel grafico $p-f$.



Spettro di potenza con evidenziata l'area utile per il corretto picking della velocità di fase

I criteri che si è cercato di seguire nella scelta del picking sono :

- preferibilmente selezionare solo quelle triplette contraddistinte da una buona definizione dello spettro di potenza (elevata intensità di segnale).

- si è cercato di scegliere la velocità più bassa, prossima al confine tra incoerenza propria del rumore e segnale (tonalità azzurre posizionate al contatto tra verde/giallo e blu/viola) in quanto eseguire il picking lungo l'involuppo a velocità più bassa fornisce maggiori garanzie di campionare velocità che appartengono al modo fondamentale delle onde di Rayleigh.

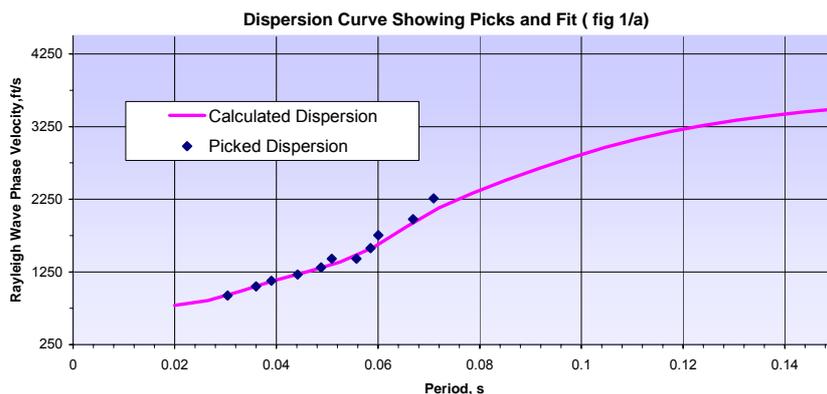
Modellazione delle onde di taglio

I dati selezionati dall'immagine $p-f$ sono stati plottati su un diagramma nel quale compare una curva di distorsione (fig. 1/a) calcolata a partire da un modello di V_s che è modificabile dall'interprete. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, la curva di distorsione calcolata viene adattata fino a farla aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking.

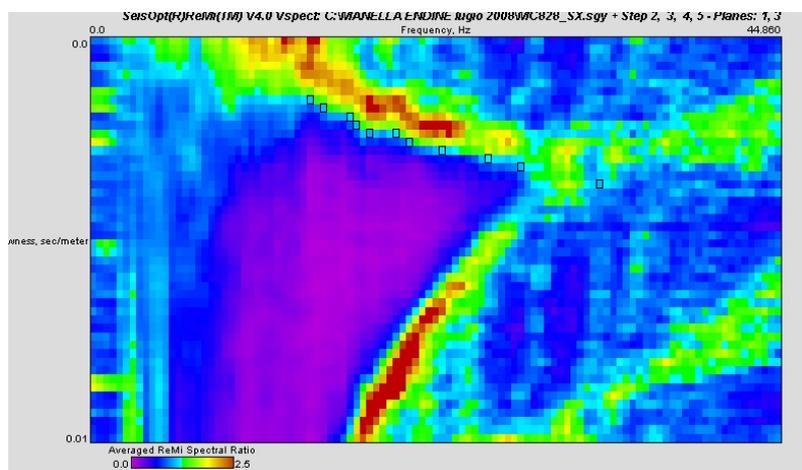
Si tratta di una modellazione diretta, monodimensionale, che può accettare inversioni di velocità con la profondità ed in cui conta molto l'esperienza del geofisico.

Si ricorda, infine, che i profili di V_s ricavati con il metodo ReMi non presentano una soluzione univoca in quanto più di un modello può fornire curve di dispersione simili tra loro e con il medesimo RMS; pertanto è fondamentale avere delle conoscenze dirette sulla stratigrafia del sottosuolo indagato.

Supportive Illustration

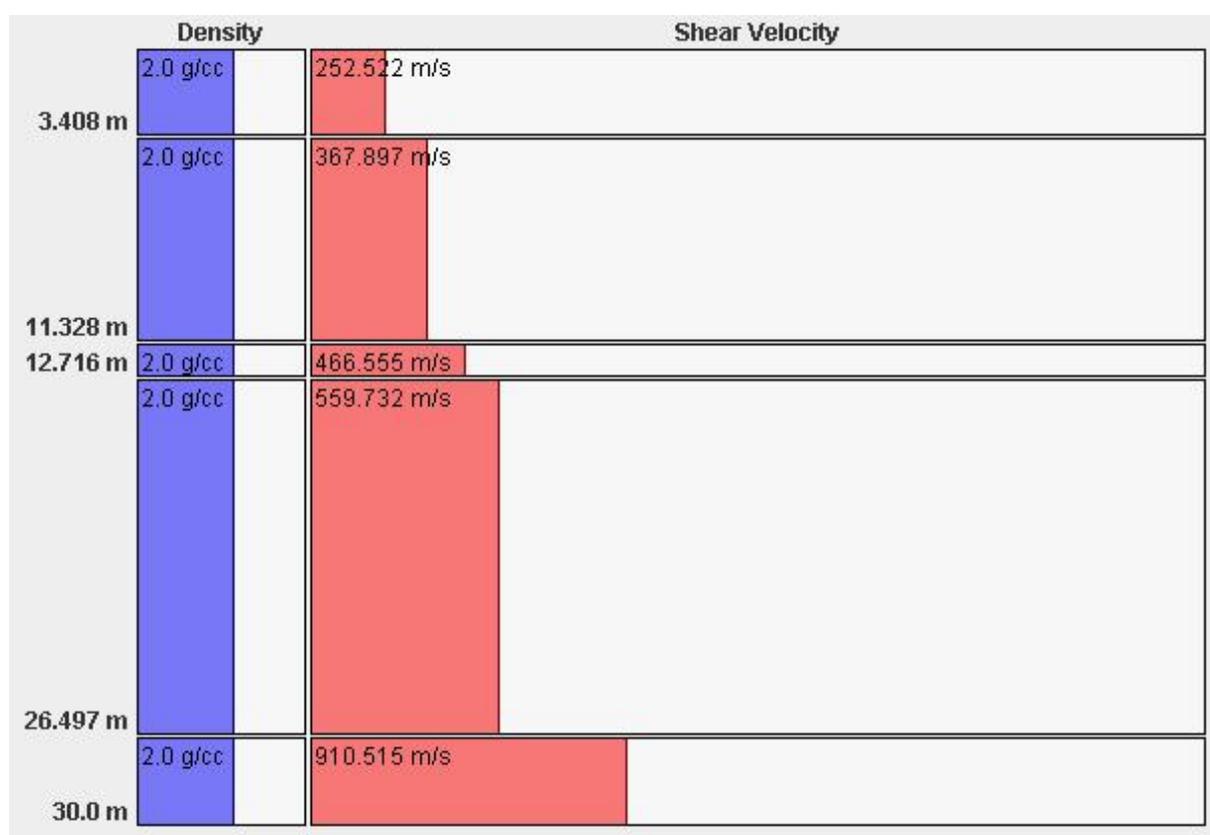


p-f Image with Dispersion Modeling Picks (fig 1/b)



Modello diretto

Nella fig. 2 “Vs model” viene diagrammato l’andamento delle onde di taglio e di compressione secondo un rapporto profondità/velocità. In questo modo è possibile ricostruire un modello del terreno che, sostanzialmente, si traduce in una successione stratigrafica. L’analisi del sottosuolo mediante le tecniche che utilizzano le onde di superficie consente di evidenziare, (dove presenti) al contrario di quanto avviene con la rifrazione le inversioni di velocità consentendo così di esacerbare situazioni anomale e delicate dal punto di vista prettamente geotecnica (strati più lenti al di sotto di strati più veloci e quindi ad elevata rigidità). Il picking evidenzia sullo spettro la morfologia che assume in presenza di un’inversione di velocità nei materiali che caratterizzano la struttura del sottosuolo.



Vs model – fig. 2

In assenza di dati stratigrafici dell’area, è plausibile ipotizzare:

- depositi medio grossolani da mediamente addensati ad addensati fino ad una profondità di almeno 26,50 metri dal p.c.
- probabile substrato roccioso per profondità superiori.

CALCOLO DELLE “ V_{s30} ” (velocità di taglio nell’ambito dei primi trenta metri di sottosuolo)

L’applicazione del software SeisOpt ReMi Version 3.0 consente di calcolare attraverso la determinazione della “Dispersion Curve”, il valore delle velocità di taglio (V_s) nell’ambito dei primi 30 o più metri investigati.

Sulla base di quanto sopra esposto, si è provveduto al calcolo delle V_{s30} mediante la seguente espressione:

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

dove :

h_i = spessore in metri dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo

V_i = velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $g < 10^{-6}$) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo

N = numero strati nell’ambito dei primi 30 metri di sottosuolo

Dallo sviluppo del calcolo si ottiene un valore di V_{s30} pari a : **443 m/s**

L’Ordinanza n° 3274 del marzo 2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri: “ **Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica** ” aggiorna la normativa sismica in vigore, con l’attribuzione alle diverse località del territorio nazionale, di un valore di scuotimento sismico di riferimento espresso in termini di incremento dell’accelerazione al suolo. Inoltre tale Ordinanza propone l’adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque categorie principali (dalla A alla E), a cui ne sono aggiunte altre 2 (S_1 e S_2 per le quali sono richiesti studi speciali per definire l’azione sismica da considerare), da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{s30}).

Le classi di cui sopra sono definite da parametri indicati nel EC8 (euro codice 8) e più specificatamente : velocità delle onde S, numero dei colpi della prova SPT, coesione non drenata.

Il valore delle V_{s30} calcolato precedentemente corrisponde alla **classe B**, le cui caratteristiche più salienti sono :

“Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o di argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $360 < V_{s30} < 800$ m/s.

