

Provincia di Pavia

COMUNE DI SCALDASOLE

VARIANTE GENERALE AL PGT

redatto ai sensi della L.R. 12/2005 e s.m.i.

Piano di Governo del Territorio



Componente geologica- adeguamento sismico Relazione geologica

Il Sindaco
Alberto Bonandin

Il Responsabile del Procedimento
Virginio Cristiani

L'Assessore al Territorio e Ambiente
Alberto Bonandin.....

Il Segretario Comunale
Dott.ssa Maranta Colacicco

:

Adottato con delibera del C.C. n° del

Pubblicato il.....

Approvato con delibera del C.C. n° del

Pubblicato sul Burl n°del.....

GRUPPO DI LAVORO

Arch. Paolo Favole
Collaboratori:
Arch. Clizia Grandini

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

- Dott. Geol. Gabriele Anselmi
- Dott. Geol. Luca Camorali

INDICE

1. PREMESSA	5
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3. METODOLOGIA DI LAVORO	7
4. FISIOGRAFIA E COROGRAFIA	9
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	10
6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE	11
7. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE	13
7.1 INTERPRETAZIONE LITOSTRATIGRAFICA	16
8. RETICOLO IRRIGUO	17
8.2 CRITERI PER L'INDIVIDUAZIONE DEI CORSI D'ACQUA	19
8.1 RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE	19
8.2 RETICOLO IDROGRAFICO MINORE	19
8.3 CLASSIFICAZIONE DEL RETICOLO MINORE	25
8.4 INDIVIDUAZIONE DELLE FASCE DI RISPETTO	25
9. VALUTAZIONE DEL GRADO DI VULNERABILITA' DELLA FALDA	26
10. CLIMATOLOGIA	32
10.1 TEMPERATURE	32
10.2 PRECIPITAZIONI	33
10.3 VENTI	34
10.4 PARAMETRI METEO-CLIMATICI	34
11. PEDOLOGIA	36
11.1 CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI	36
11.2 DISTRIBUZIONE TERRITORIALE DEI SUOLI	37
11.3 CAPACITA' PRODUTTIVA	37
12. INDAGINI ESEGUITE	38
12.1 CPT	39
12.1.1. CPT 1	39
12.1.1. CPT 2	39
12.1.1. CPT 3	40
12.2 MASW	44
12.3.1 MASW-RAPPRESENTAZIONE ED INTERPRETAZIONE DEI DATI SISMICI	44
12.3.2 RISULTATI INDAGINI SISMICA PASSIVA H.V.S.R.	51
13. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI	53
14. SISMICITA'	55
14.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	58
15. CARATTERIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA	66
16. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	77
16.1 COEFFICIENTI SISMICI	81
16.2 STABILITA' DEI PENDII E FONDAZIONI	81

16.3 MURI DI SOSTEGNO.....	82
16.4 PARATIE	83
17. CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE IN FUNZIONE DEGLI EFFETTI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	85
18. LIQUEFAZIONE.....	86
19. ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI. NORMATIVA REGIONALE	88
1° LIVELLO.....	89
2° LIVELLO.....	90
3° LIVELLO.....	92
20. SINTESI E FATTIBILITÀ GEOLOGICA	93
13.1 CLASSE 1 - FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI.....	93
13.2 CLASSE 2 - FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI	93
13.3 CLASSE 3 - FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI.....	94
13.4 CLASSE 4 - FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI	94

ELENCO FIGURE

Figura 1 - Temperature medie mensili

Figura 2 - Precipitazioni medie mensili

ELENCO TABELLE

Tabella 1 - Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi

Tabella 2 - Valori di intensità (DRASTIC)

Tabella 3 - Grado di vulnerabilità (DRASTIC)

Tabella 4 - Vulnerabilità intrinseca dell'acquifero (CIVICA)

Tabella 5 - Temperature medie mensili

Tabella 6 - Precipitazioni medie

Tabella 7 - Parametri meteo-climatici

Tabella 8 - Parametri geotecnici di riferimento

1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta nell'ambito "aggiornamento dello Studio geologico alla componente Sismica", ai sensi Deliberazione Giunta regionale 30 novembre 2011 - n. IX/2616 Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374

L'obiettivo fondamentale della direttiva è la individuazione e la delimitazione di zone del territorio comunale (microzonazione sismica) alle quali vengono attribuiti parametri e prescrizioni finalizzati alla riduzione del rischio sismico da utilizzare nella pianificazione urbanistica, nella progettazione di manufatti, nella messa in sicurezza di edifici esistenti ed in fase di emergenza sismica.

Il Comune di Scaldasole è già dotato dello Studio Geologico, redatto nel 2011, ai sensi della L.R. 24.11.1997 n. 41 e della D.G.R. 29/10/2001 n. 7/6645, esteso all'intero territorio comunale; esso è stato assunto dal P.R.G.C. vigente ed è già presente agli atti degli Enti interessati (Comune di Scaldasole, Provincia di Pavia e Regione Lombardia), ai quali si rimanda.

Pertanto, ai sensi delle D.G.R. sopra richiamate, il Comune è tenuto ad aggiornare lo Studio Geologico alla sola componente sismica, tramite la redazione dei seguenti elaborati:

- **Carta della Pericolosità Sismica Locale;** sulla carta viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo, in grado di determinare gli effetti sismici locali che possono modificare il terremoto di riferimento (approfondimento di 1° LIVELLO). Sugli scenari di pericolosità sismica locale, riportati nella Tabella 1 - Allegato 5 - D.G.R. 1566/2005 e successive modifiche e integrazioni, se previsti, vengono effettuati successivamente gli approfondimenti di 2° LIVELLO, secondo le procedure stabilite dalla D.G.R. stessa.
- **Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano;** si tratta di un aggiornamento della carta di fattibilità già in vigore, sulla quale vengono riportati con appositi retini "trasparenti" le aree a pericolosità sismica locale soggette ad amplificazioni sismiche, distinguendo quelle con Fattore di Amplificazione (Fa) maggiore al valore soglia comunale da quelle con Fa minore al valore soglia comunale. La procedura di individuazione del Fa è fissata dalla D.G.R. 22.12.2005 n. 8/1566, Allegato 5. Tale sovrapposizione non comporta quindi un automatico cambio di Classe di fattibilità, ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dal D.M. 14.01.2008 -D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni", oppure dove sia necessario realizzare preventivamente gli studi di 3° Livello (fermo restando la possibilità di utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore).
- **Norme Geologiche di Piano** formulate in modo da poter essere riportate integralmente nel Piano delle Regole del nuovo P.G.T.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- + D.M. 14 gennaio 2008 “Applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”.
- + OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- + D.G.R.Lombardia n. 8/7374 del 28 maggio 2008 “Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, primo comma, della legge regionale 11-3-2005, n. 12”, approvati con D.G.R. 22-12-2005, n. 8/1566”.
- + D.d.u.o. n. 19940 del 21 novembre 2003 “Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all’art. 2, commi 3 e 4 dell’ordinanza p.c.m. n. 3274 del 20 marzo 2003, in attuazione della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003”.
- + D.M.5 novembre 2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”
- + Dgr 22 dicembre 2005, D.G.R. 22.12.2005 n. 8/1566 “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 11.03.2005 n. 12”
- + D.G.R. 28.05.2008 n. 8/7374 – Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 11.03.2005 n. 12”,
- + Deliberazione Giunta regionale 30 novembre 2011 - n. IX/2616 Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12”, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374
- + D.M.17/01/2018 Contenente le Nuove Norme Tecniche per le costruzioni (NTC 2018)
- + Regio Decreto 8 maggio 1904 n.368-regolamneto per l’esecuzione del Testo Unico della legge 22 marzo 1900,n.195 e della Legge 7 luglio 1902,n.333,sulle bonificazioni delle paludi e dei terreni paludosi.
- + Regio Decreto 22 luglio 1904,n.523.Testo Unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie.
- + Regio Decreto 11 dicembre 1933,n.1775.Approvazione del Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e sugli impianti elettrici.
- + Deliberazione Giunta Regionale Lombarda 25 gennaio 2002,n.7/7868.
- + Legge Regionale 16 giugno 2003,n.7 Norme in materia di bonifica ed irrigazione.
- + Deliberazione Giunta Regionale Lombarda 1 agosto 2003,n.7/13950.
- + Deliberazione Giunta Regionale Lombarda 11 febbraio 2005,n.7/20552.
- + Delibera Giunta Regione Lombardia 23 ottobre 2015n.X/4229.Riordino reticoli idrici di Regione Lombardia e revisione dei canoni di polizia idraulica

3. METODOLOGIA DI LAVORO

La sequenza delle attività svolte può essere riassunta in modo sintetico come sotto riportato:

- Esame bibliografico

E' stata effettuata una ricerca sistematica di atti e pubblicazioni presso la Facoltà di Scienze-Dipartimento di Scienze della Terra- Università di Pavia corredando ed integrando con studi pubblicati e non.

Quanto raccolto ha permesso di individuare in modo chiaro i principali lineamenti litostratigrafici dei terreni, le caratteristiche geomorfologiche, soprattutto per quanto concerne i processi ed i fenomeni attivi di modellamento del territorio e le fondamentali caratteristiche idrogeologiche dell'area.

- Analisi foto-interpretativa

L'area oggetto di studio si inserisce in un contesto sostanzialmente pianeggiante, per cui l'esame di fotografie aeree è stato di fondamentale importanza soprattutto per la definizione delle caratteristiche peculiari relative ai processi geomorfologici evolutivi in atto.

- Rilievi di superficie

I rilievi di superficie sono stati condotti nella misura necessaria in ordine al tipo di terreno e di problematiche che nel corso dello studio si sono presentate.

Essi hanno avuto il fine principale di documentare le seguenti situazioni:

- ✓ verificare in dettaglio le caratteristiche litostratigrafiche dei terreni e controllare quanto riscontrato dall'analisi dei dati bibliografici e di fotointerpretazione
- ✓ verificare lo sviluppo dei processi geomorfologici in atto

L'ultima fase di lavoro è quindi consistita nella elaborazione dei dati raccolti e nella stesura della cartografia sulle basi cartografiche descritte in premessa.

- Fase operativa

- ✓ Esecuzione prove penetrometriche statiche per la definizione in un ambito generale dei parametri geotecnici di riferimento
- ✓ Prove MASW sul territorio per la definizione della classe dei suoli ad uso sismico

-

-

Gli elaborati prodotti sono i seguenti:

- *Carta di inquadramento geografico in scala 1:10.000.*

- *Carta pedologica in scala 1:10.000*
- *Carta geologica in scala 1:10.000.*
- *Carta idrogeologica in scala 1:10.000*
- *Sezioni idrogeologiche scala 1:10.000/500*
- *Carta sismica in scala 1:10.000*
- *Carta dei vincoli in scala 1.10.000.*
- *Carta di sintesi in scala 1:10.000.*
- *Carta della fattibilità in scala 1:10.000.*
- *Carta della fattibilità su CTR scala 1:10.000.*

La relazione tecnica descrive in modo dettagliato tutte le fasi di studio che hanno portato alla stesura delle carte di dettaglio ed alla definizione delle classi di fattibilità descrivendo le varie componenti geologico-ambientali presenti sul territorio e la loro valenza in funzione della potenzialità edificatoria.

4. FISIOGRAFIA E COROGRAFIA

Il territorio comunale di Scaldasole occupa una superficie di circa 8,5 kmq, ed il centro abitato principale si trova ubicato a circa 25 km in direzione Est rispetto a Pavia e 25 km in direzione Nord rispetto a Vigevano confinando a partire da Nord con i comuni di Valeggio, Dorno, Sannazzaro de Burgondi e Ferrera Erbognone.

Il centro abitato principale è ubicato in posizione centrale rispetto all'area comunale, mentre sono presenti cascinali quali Cascina Paralupo, Cascina Cardinala e Cascina Crivellina ormai poco densamente abitati.

La via di comunicazione principale è costituita dalla S.P. n. 206 che proviene dall'abitato di Sannazzaro a sud, e che si immette nel centro abitato prima di proseguire verso Dorno.

Da tale strada si diramano verso ovest tre strade provinciali che raggiungono gli abitati di Ferrera con la S.P.68, Valeggio con la S.P.16, Alagna con la S.P. 20 e l'abitato di Pieve Albignola con la S.P.16

Nessuna rete ferroviaria o autostradale interessa la superficie comunale.

La rete fognaria locale è collegata al depuratore di Sannazzaro de Burgondi.

L'area di studio si presenta ad andamento pianeggiante ed è suddivisa morfologicamente in due parti principali: la prima legata alla presenza del Piano Generale Terrazzato che costituisce la superficie fondamentale della Pianura Padana ed una seconda legata alla presenza di dossi eolici tipici di questa porzione di pianura.

La rete idrografica principale è costituita dalla presenza della Roggia Biraga, che ha origine nella piana novarese e che viene via via alimentata durante il suo percorso da risorgive provenienti dai fontanili.

Tutta la rimanente rete idrografica è di fatto costituita da una serie di canali artificiali, per lo più sotto il controllo e la gestione del Consorzio Irriguo Est-Sesia e del Consorzio Cavo Cecconi, che si diramano da Nord-Ovest verso Sud-Est portando acqua per le colture a riso e mais della pianura e che trovano un naturale recapito nei fiumi principali della Pianura Padana.

I cavi irrigui principali sono il Cavo Cecconi, il Cavo Nocca e la Roggia Erbognetta, la quale deriva dalla Roggia Biraga. Al confine con il Comune di Sannazzaro è presente in Cavo Malaspina.

Non vi sono acque pubbliche nel territorio comunale.

In prossimità della S.P.68 in direzione di Valeggio è poi presente una riserva naturale di circa 76 Ha soggetta a vincolo regionale, che racchiude al suo interno un bosco relitto di farnie e robinie

Nel corso dell'anno 2000 è stato scavato un laghetto adibito ad itticultura in prossimità della proprietà che fa riferimento al Castello di Scaldasole.

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Il territorio in studio appartiene alla regione fisica denominata Pianura Padana ed è cartografata al foglio n. 58 “Mortara” della Carta Geologica d’Italia in scala 1:100.000.



Figura 1-Stralcio Carta Geologica F.58-Mortara

La pianura Padana é inserita tra le due principali Catene montuose italiane: Alpi ed Appennini, essa si sviluppa per un'area di diverse decine di migliaia di Km ed é coperta da una coltre di alluvioni depositata dal fiume Po e dai suoi affluenti.

L'origine geologica di tale pianura é ascrivibile al colmamento, di notevole spessore, con sedimenti in prevalenza terrigeni (di età Pliocenica e Quaternaria), provenienti dallo smantellamento delle due catene montuose.

Esistono diversi schemi interpretativi di tettonica globale che ritengono la pianura padana impostata al di sopra di una zona di subduzione. In altre parole la pianura padana ricopre una regione tettonica dove l'Appennino e le Alpi si fronteggiano a breve distanza generando un sistema strutturale con fasci di pieghe e faglie generati dagli accavallamenti tra le due catene.

Le successioni sedimentarie Terziarie hanno colmato depressioni allungate parallele ed adiacenti al fronte avanzante dell'appennino, queste successioni sono caratterizzate da lito- tipi prevalentemente arenaceo marnosi Miocenici e litotipi sabbioso argillosi pliocenici di carattere generalmente torbido.

I depositi superiori sono di origine continentale e costituiscono la sede dei principali materassi acquiferi nella zona in esame. Essi vengono distinti (Braga e Cerro 1988) in materasso alluvionale S.S. e successione Villafranchiana; la distinzione è basata su caratteristiche di tipo litologico e di modalità di circolazione delle acque che si individuano all'interno.

Le strutture tettoniche sepolte summenzionate influenzano la circolazione idrica e consentono di comprendere alcune anomalie negli spessori delle alluvioni; ad esempio, secondo l'interpretazione dell'est Sesia esiste una grossa faglia segnalata nel sottosuolo della Lomellina allineata secondo la direttrice Palestro-Mortara-Gambolò, tale faglia influisce sui depositi alluvionali provocandone un cospicuo affossamento, nella zolla settentrionale, dell'ordine di diverse centinaia di metri, come è testimoniato dalla carta delle isobate raffigurante la superficie basale della sequenza continentale nel sottosuolo della pianura Lomellina (Est Sesia).

Le formazioni superficiali individuate sono descritte e differenziate in base alla loro età presunta ed alle connotazioni litologiche. Le indicazioni bibliografiche ed i riscontri sul terreno hanno consentito la stesura della carta geologica del territorio comunale in scala 1:10.000.

In questa carta sono state distinte le seguenti formazioni:

- **Fluviale Wurm f1W** alluvioni fluviali di origine prevalentemente sabbiosa o limosa sabbiosa. Presentano debole alterazione superficiale ed appartengono al livello principale della pianura (P.G.T.). Età: Pleistocene Recente

6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE

Dal punto di vista geomorfologico, il territorio in esame è inserito nel piano alluvionale terrazzato della Pianura Padana, definito come "Superficie fondamentale della pianura" o "Piano Generale Terrazzato".

I depositi di tale ripiano risultano tipicamente fluviali o fluvioglaciali; i sedimenti alluvionali sono depositi secondo il classico sistema dei terrazzi alluvionali, questi terrazzi costituiscono particolari forme del rilievo ed hanno origine in seguito a più cicli erosivi dei corsi d'acqua; essi sono generalmente formati da una spianata, residuo di una antica superficie topografica pervenuta a un certo grado di equilibrio e da una scarpata, originata da un fenomeno erosivo posteriore; la scarpata interessa antiche alluvioni che hanno generato la precedente colmata.

Il vasto deposito alluvionale formato in concomitanza della fase anaglaciale Wurmiana (Pleistocene) costituisce il “Piano Generale Terrazzato” (P.G.T.).

Una particolarità presente sul territorio di Scaldasole è la presenza dei “dossi” che rappresentano dei relitti di origine eolica costituiti da sabbia monogranulare ,

Oggi seppure parzialmente rimossi, sono tuttora visibili poiché leggermente sopraelevati rispetto alla superficie generale della Pianura ed interessati per lo più da piantumazioni anche spontanee di Robinie.

A ridosso della S.P. per Valeggio è presente area vincolata ascritta tra le Zone a riserva naturale denominata Boschetto di Scaldasole (Legge Regionale n. 86 del 30/11/1983 con L.R.30 novembre 1983)

Si tratta del SIC IT2080008 (Sito di Interesse Comunitario) individuato dalla Rete Natura 2000

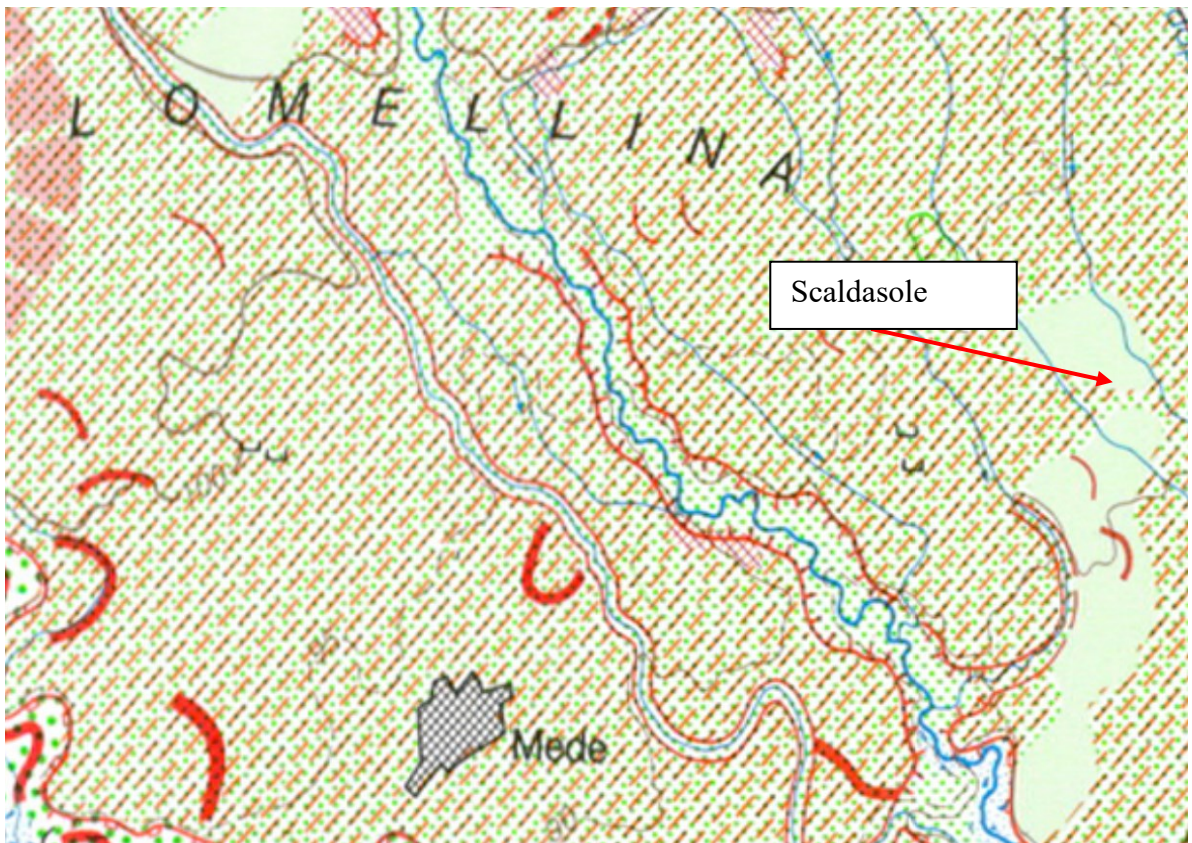


Figura 2-Carta Geomorfologica Pianura Padana

7. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE

L'indagine idrogeologica ha perseguito alcune linee guida principali: la valutazione delle caratteristiche degli acquiferi del sottosuolo comunale e la ricerca di eventuali interferenze della falda con le zone ad ipotetico sviluppo urbanistico.

Nell'ambito comunale esistono depositi continentali quaternari di spessore variabile che sono sede di acquiferi più o meno liberi o confinati, secondo un sistema acquifero multi-falda.

Come già accennato nell'inquadramento geologico, i depositi continentali possono essere distinti in Alluvioni S.S. e depositi Villafranchiani.

Il primo tipo di deposito è essenzialmente sabbioso e presenta rari livelli argillosi e limosi, il secondo è caratterizzato da più livelli sabbiosi, non continui, intercalati in un complesso prevalente a carattere limoso-argilloso semipermeabile.

Il primo tipo di deposito risulta in generale ad elevata permeabilità e consente una cospicua alimentazione superficiale favorendo una ingente circolazione sotterranea, il secondo tipo di deposito risulta idrogeologicamente comunicante con il primo, tuttavia il tipo di regime idrodinamico appare a differenti modalità.

Più in dettaglio il deflusso delle acque sotterranee del corpo alluvionale superiore appare parallelo ed assimilabile a quello dell'idrografia superficiale (vergenza generale verso il Po) mentre le direzioni degli acquiferi sottostanti appaiono molto variabili fino ad essere quasi oblique rispetto all'idrografia.

Anche la velocità di deflusso dai dati bibliografici in nostro possesso delle acque differenti; sono state valutate velocità di deflusso di m/giorno per la parte superiore degli acquiferi e dm/giorno per la parte più profonda.

Per procedere ad una sommaria ricostruzione stratigrafica del sottosuolo del comune di Scaldasole si è provveduto innanzitutto ad analizzare le stratigrafie disponibili e a consultare i dati già presenti in letteratura.

Vengono riportati nell'Allegato 1 i dati disponibili relativi alla stratigrafia del pozzo comunale sul quale vengono riportati una serie di dati: la profondità raggiunta, i litotipi attraversati e l'ubicazione dei filtri.

Per l'esecuzione della interpretazione litostratigrafica si è suddiviso il sottosuolo in due diversi tipi secondo il grado di permeabilità (ciascuno costituito da diversi litotipi):

- a) terreni permeabili (ghiaie e sabbie),
- b) terreni impermeabili: argille, argille limose, livelli torbosi.

La correlazione è stata effettuata tenendo conto dei litotipi e delle caratteristiche idrogeologiche e non dell'età dei depositi.

Dall'analisi della stratigrafia si nota come la struttura del sottosuolo alluvionale appaia generalmente regolare, con livelli permeabili (sabbiosi e ghiaiosi) prevalenti sui livelli argillosi impermeabili.

La sequenza alluvionale ha evidenziato un materasso la cui struttura appare abbastanza uniforme, si nota la netta prevalenza di litotipi permeabili con intercalazioni di argille disposte in lenti metriche disposte comunque a considerevole profondità ed altri livelli semi- permeabili a scarsa potenza e continuità.

Alla base di questa successione, entro la quale si sviluppa una ricca falda freatica, A partire dal piano campagna si incontrano alcuni livello argillosi di scarsa potenza piuttosto discontinui, si osserva inoltre un livello costituito da litotipi semipermeabili di potenza variabile tra qualche metro ed una decina di metri; questi livelli separano localmente la falda freatica dal sottostante orizzonte acquifero caratterizzato da vario grado di artesianità.

Il letto impermeabile più continuo si sviluppa intorno ai 150 m, al di sopra esiste una serie permeabile molto ricca all'interno della quale sono stati posizionati i filtri principali del pozzo ad uso potabile

La descrizione riportata nel precedente paragrafo indica che esiste un acquifero superficiale di notevole spessore ed in condizioni freatiche, vale a dire che la prima falda presenta condizioni di elevata vulnerabilità alle infiltrazioni di eventuali agenti inquinanti presenti nel suolo che vengono facilmente trasmessi al disotto tramite percolazione.

Per quel che concerne il livello statico della superficie libera della falda freatica, si può affermare, vista la permeabilità, che si riscontrano notevoli variazioni stagionali. Per valutare una profondità media indicativa rispetto al piano campagna sono stati raccolti dati sul territorio e si è confrontato la quota topografica con la quota s.l.m. delle isopiezometriche rappresentate sulla carta idrogeologica.

L'interpretazione della stratigrafia del pozzo comunale e dei piezometri installati dalla Raffineria del Po nell'ambito dello studio condotto per il monitoraggio ambientale, evidenzia una soggiacenza media della falda freatica: a-4-6 m sotto il p.c..

E' comunque importante far notare che queste profondità risentono di oscillazioni stagionali anche di alcuni metri, tali oscillazioni dipendono sia dalle precipitazioni che dalle perdite dei canali artificiali e dal notevole apporto derivato dall'irrigazione delle colture risicole.

Le zone interessate dai dossi presentano soggiacenza più profonda non cartografata in quanto localizzata in aree di modesto interesse e per mancanza di dati diretti.

Per quanto riguarda i parametri idrologici, non essendo disponibili prove di pompaggio, i dati sono stati definiti in base ad indicazioni fornite dalla letteratura. I tre principali parametri idrologici descritti sono Permeabilità (espressa con K =coefficiente di conducibilità idraulica), Trasmittività (prodotto del coefficiente K per lo spessore dell'acquifero) e S (coeff. di immagazzinamento-volume d'acqua liberata dall'acquifero nel tempo in seguito ad emungimento).

Sia K che T e S indicano buone potenzialità di resa degli acquiferi in quanto presentano questi valori medi: $K=10^{-2}$ cm/s; $T=10^{-3} - 10^{-4}$ m²/s; $S=10^{-5}$. È importante rimarcare il fatto che tali valori rappresentano indicazioni generali; per ottenere il valore di dettaglio si rimanda a specifiche prove di pompaggio eseguite puntualmente.

Un'attenta valutazione idrogeologica è auspicabile anche per la ricerca approfondita di eventuali interferenze della falda libera con le future costruzioni, soprattutto in caso di approfondimenti fondazionali e costruzioni in sotterraneo.

In particolare in concomitanza dei periodi ove si registra l'allagamento delle risaie che originano la formazione di piccole falde sospese non permanenti.

La stessa cura nella future valutazioni di carattere idrogeologico va cercato nel caso siano messe in atto perforazioni profonde in quanto gli acquiferi profondi sfruttati principalmente ad uso idropotabile possono essere soggetti al passaggio di agenti inquinanti immessi a causa delle attività di perforazione.

In particolare i numerosi cascinali dell'area comunale non sono collegati alla rete dell'acquedotto ma utilizzano pozzi privati, con fenestratura continua senza l'utilizzo di tappi bentonitici di protezione.

Qualora si provvedesse a riperforare nuovi punti tale cautela dovrà essere prescritta.

7.1 INTERPRETAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

Per procedere ad una sommaria ricostruzione stratigrafica del sottosuolo del comune di Scaldasole si è provveduto innanzitutto ad analizzare le stratigrafie disponibili e a consultare i dati già presenti in letteratura.

Sono stati censiti i pozzi dell'acquedotto comunale ed alcuni pozzi privati di cui sono conosciute le stratigrafie e sono stati cartografati ed osservati altri pozzi privati; lo scopo di tale indagine ed osservazione diretta delle stratigrafie è stato quello di ottenere una panoramica generale relativo alle captazioni ed all'andamento dell'acquifero.

Per l'esecuzione della interpretazione litostratigrafica si è suddiviso il sottosuolo in due diversi tipi secondo il grado di permeabilità (ciascuno costituito da diversi litotipi):

- a) terreni permeabili (ghiaie e sabbie multidimensionate),
- b) terreni impermeabili: argille, argille limose, livelli torbosi.

La correlazione è stata effettuata tenendo conto dei litotipi e delle caratteristiche idrogeologiche e non dell'età dei depositi.

Dall'analisi dei profili si nota come la struttura del sottosuolo alluvionale appaia generalmente regolare, con livelli permeabili (sabbiosi e ghiaiosi) prevalenti sui livelli argillosi impermeabili.

La sequenza alluvionale ha evidenziato un materasso la cui struttura appare abbastanza uniforme, si nota la netta prevalenza di litotipi permeabili con intercalazioni di argille ed altri livelli semipermeabili a scarsa potenza e continuità.

Alla base di questa successione, entro la quale si sviluppa una ricca falda freatica, A partire dal piano campagna si incontrano (intorno ai 20 m ed ai 25 m) alcuni livello argillosi di scarsa potenza (circa 5-10 m) e piuttosto discontinui, si osserva inoltre un livello costituito da litotipi semipermeabili di potenza variabile tra qualche metro ed una decina di metri; questi livelli separano localmente la falda freatica dal sottostante orizzonte acquifero caratterizzato da vario grado di artesianità.

Il letto impermeabile più continuo si sviluppa intorno ai 40-50 m, al di sotto esiste una serie semipermeabile e si nota un'alternanza stratigrafica più complessa anche per l'incremento di frequenza dei livelli impermeabili e semipermeabili. Vengono così a distinguersi orizzonti a scarsa permeabilità che fungono da tetto o letto degli orizzonti acquiferi profondi intercettati dalle perforazioni.

In particolare, si osserva, a profondità intorno ai 100 m dal p.c., la presenza di acquicludi caratterizzati da terreni di tipo prevalentemente argilloso. A profondità superiori è ipotizzabile almeno localmente un'alternanza di livelli argillosi di una certa potenza (15-20) che dovrebbero definire i limiti di un secondo acquifero artesiano probabilmente indipendente da quello soprastante.

Le stratigrafie indicano anche una certa presenza di livelli torbosi nei sedimenti, tali elementi risultano importanti nel conferimento ed arricchimento di un caratteristico chimismo delle acque (presenza di Fe, Mn, NH_4)

8. RETICOLO IRRIGUO

In conformità alla D.G.R. n. 7/7868 del 25 gennaio 2002, modificata e integrata dalla D.G.R. n. 7/13950 del 1 agosto 2003, alla successiva delibera G.R.11 febbraio 2005n.7/20552 ed alla Delibera di Giunta Regionale n.X/4229 del 23 ottobre 2015 , il presente capitolo illustra le modalità riguardanti l'individuazione del reticolo idrografico principale e minore, delle relative fasce di rispetto e recante le norme finalizzate a regolamentare l'attività di polizia idraulica così come indicato al punto 3 dell'Allegato B della citata delibera regionale del 2003.

Con Deliberazione della Regione Lombardia n. 7/20552 del 11 febbraio 2005 è stato approvato l'elenco che individua il reticolo idrico di competenza dei Consorzi di Bonifica, ai sensi dell'Art. 10, comma 5 della L.R. 7/2003 "Norme in materia di bonifica e irrigazione".

Le fasce introdotte nel presente studio hanno pertanto funzione di tutela idraulica ed idrogeologica.

L'obiettivo da perseguire si sintetizza nella salvaguardia del reticolo idrografico del territorio comunale e nella protezione dai rischi naturali conseguenti alle sue modifiche e trasformazioni.

L'Allegato B alla D.G.R. n. 7/13950 del 2003 fornisce i criteri e gli indirizzi ai comuni per l'individuazione del reticolo idrografico minore e per l'esercizio delle attività di polizia idraulica.

Il reticolo minore, individuato in base alla Legge n. 36/94, coincide con il reticolo idrico costituito da tutte le acque superficiali ad esclusione dei corpi idrici classificati come principali e di tutte *"le acque piovane non ancora convogliate in un corso d'acqua"*.

In particolare, comprende tutti i corsi d'acqua che rispondono ad almeno uno dei seguenti criteri:

- risultino individuabili sulle cartografie ufficiali (IGM, CTR) e/o siano indicati come demaniali nelle carte catastali;
- siano stati oggetto di interventi di sistemazione idraulica con finanziamenti pubblici.

La D.G.R. 7/13950 del 2003, al punto 5.1 dell'Allegato B, fornisce indicazioni in merito all'individuazione delle fasce di rispetto fluviale.

Esse derivano da studi di approfondimento, finalizzati alla perimetrazione delle aree di esondazione secondo le direttive di attuazione della L.R. 41/97, che fanno riferimento ai criteri PAI (studi obbligatori per il reticolo principale).

In ogni caso l'individuazione della fascia di rispetto ha tenuto in conto dei seguenti elementi:

- aree storicamente soggette ad esondazione;
- aree interessabili da fenomeni erosivi e di divagazione dell'alveo;
- necessità di garantire una fascia di rispetto sufficiente a consentire l'accessibilità al corso d'acqua ai fini della sua manutenzione, fruizione e qualificazione ambientale.

Al punto 5.2 della stessa direttiva sono richiamati i riferimenti normativi sovraordinati (R.D. 523/1904, R.D. 368/1904, PAI) e le indicazioni generali relative ad alcuni interventi vietati e consentiti entro le fasce di rispetto; il complesso di tali norme costituisce il fondamentale riferimento cui potrà ricondursi la normativa contenente la definizione delle attività vietate e soggette ad autorizzazione comunale entro le fasce di rispetto.

Ai sensi della l.r. 5 gennaio 2000 n. 1, art. 114 *“Riordino del sistema delle autonomie in Lombardia. Attuazione del D.Lgs. 31 marzo 1998, n. 112 (Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dallo Stato alle regioni ed agli enti locali in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59)”* modificata dalla L.R. 24 marzo 2004 n. 5 *“Modifica a leggi regionali in materia di organizzazione, sviluppo economico e territorio. Collegato ordinamentale 2004”* (art. 22), ai comuni sono trasferite le funzioni relative all’adozione dei provvedimenti di polizia idraulica concernenti il reticolo idrico minore, limitatamente ai corsi d’acqua indicati come demaniali in base a normative vigenti o che siano stati oggetto di interventi di sistemazione idraulica con finanziamenti pubblici.

I corsi d’acqua pubblici sono quelli compresi negli elenchi delle Acque Pubbliche, oggi in vigore, ed emessi ai sensi del R.D. 11 dicembre 1933 n.1775.

Nel Comune di Scaldasole non vi sono iscrizioni alle acque pubbliche.

Infine, l’Allegato C alla D.G.R. 7/13950 del 2003 riporta i “Canoni Regionali di Polizia Idraulica” da applicarsi sia per il reticolo principale che minore.

Tale allegato individua la tipologia di manufatti ed opere che, ricadendo in area di rispetto, richiedono il pagamento dei canoni annuali regionali. Per ciascuna tipologia l’importo è distinto a seconda che l’opera si prefiguri come “Autorizzazione ai soli fini idraulici (senza occupazione di aree demaniali)” o “Concessione di aree demaniali (con occupazione di aree demaniali)”.

Nei casi di occupazione di area demaniale sul reticolo minore è dovuta l’imposta regionale nella misura del 100% dell’importo complessivo del canone annuo da versare, così come previsto dall’Allegato C della D.G.R. 7/13950 del 2003 ed esplicitato con D.d.u.o. 28 ottobre 2003 n. 17984 *“Modalità di riscossione dei canoni, addizionali o imposte e della costituzione del deposito cauzionale relativi alle concessioni per l’uso dei beni del demanio idrico”*.

8.2 CRITERI PER L'INDIVIDUAZIONE DEI CORSI D'ACQUA

L'individuazione del reticolo idrografico di Dorno ha previsto le seguenti fasi di lavoro e di raccolta dati:

- esame e confronto delle seguenti cartografie ufficiali, così come indicato dalla D.G.R. 7/13950 del 2003:
 - cartografie dell'Istituto Geografico Militare in scala 1:25.000 (IGM);
 - carta tecnica della Regione Lombardia in scala 1:10.000 (C.T.R.);
 - mappe del catasto terreni in scala 1:2.000 e vecchie mappe del catasto di Scaldasole;
- esame della cartografia del comprensorio del Consorzio di Bonifica Est Sesia, messa a disposizione dall'ente stesso;
- sopralluoghi e rilevamenti sull'intero reticolo idrografico nel territorio comunale finalizzati a:
 - distinguere i corsi d'acqua con vera e propria funzione irrigua dai corsi di minore importanza costituenti fossi di scolo ad uso agricolo. Sui riconosciuti canali irrigui si è operata una classificazione sulla base delle caratteristiche idrauliche e ambientali dei canali stessi;
 - individuare quei tratti che, seppur riportati nelle carte catastali come canali a cielo aperto, risultano attualmente non evidenti in relazione a modifiche del tessuto urbano (tratti intubati, deviazioni).

8.1 RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE

Dal confronto con l'Allegato A alla D.G.R. 7/13950 del 2003, nel comune di Scaldasole non sono riportati corsi d'acqua da ascrivere al reticolo idrografico principale:

8.2 RETICOLO IDROGRAFICO MINORE

Il presente studio è stato realizzato mediante l'analisi delle carte tecniche.

Il reticolo idrografico di Scaldasole risulta complesso, consente di irrigare i terreni agricoli serviti da innumerevoli canali secondari.

Di seguito viene presentata una breve descrizione dei principali corsi d'acqua minori nel territorio di Scaldasole.

- Roggia Biraga e Cavo Strada

La roggia prende origine da sorgenti e fontanili presenti nel comune di Tromello ed è in carico alla Azienda Agricola Strada di Scaldasole, che la utilizza per scopi irrigui sia personali che per conto terzi.

Dalla Roggia si dirama infatti il Cavo Strada che con un percorso che lo porta ad attraversare le strade provinciali SP 16 ed SP 20, a nord dell'abitato, per poi dirigersi verso il Comune di Dorno.

Entrambi i corsi d'acqua si presentano profondi 3-4 metri con una ampiezza pari anche a 5 m, e non hanno generalmente periodi di asciutta in quanto la pulizia avviene attraverso barche dotate di frese di fondo.

La Roggia Biraga attraversa l'abitato di Scaldasole con un tratto fuori terra, in prossimità del Castello Strada per poi proseguire intubata in direzione di Sannazzaro de' Burgondi fino a confluire nel Cavo Erbognetta.

- Cavo Erbognetta

Il corso d'acqua è una diramazione della Roggia Erbognetta, corso d'acqua pubblico che non interessa il territorio comunale, che lambisce a sud il confine di Scaldasole prima di confluire nella Roggia Biraga.

Il canale è di pertinenza del Consorzio Irriguo Est Sesia.

- Cavo Cecconi

Il cavo taglia da nord a sud il territorio comunale avendo una sede idraulica di circa 3 metri sul fondo.

Tutto il cavo scorre incassato a qualche metro di profondità rispetto al piano generale terrazzato e viene attivato solo durante i periodi di sommersione delle risaie.

Di fatto funziona da irrigatore e da scolmatore.

Il canale è di pertinenza del Consorzio Cavo Cecconi.

- Roggia Selvatica

La roggia delimita gran parte dell'area comunale a nord ed è un corso d'acqua perenne alimentato da sorgenti e colature delle campagne. Nel tratto di interesse scorre molto incassato, 8-10 metri dal piano campagna attuale per poi immettersi nel comune di Dorno, nel Torrente Terdoppio.

- Colatore Cavone

Il colatore funziona come un raccoglitore di acque piovane e di colate delle campagne e, in periodi di magra, le sue acque sono utilizzate per l'irrigazione dei campi.

Parte del suo percorso risulta attualmente tombinato.

- Cavo Malaspina

Il cavo è di pertinenza del Consorzio Irriguo Est Sesia e si trova ubicato al confine con il Comune di Sannazzaro de' Burgondi.

INDIRIZZI UTILI:

Associazione Irrigua Est Sesia

Ufficio Zonale di Mortara

uzmr@estsesia.it

Cond.Cavo Cecconi

Sede Amm.va .di Sannazzaro de Burgondi.
Studio Tecnico Mezzadra.Ing.Marco Mezzadra
Studio MGM@tin.it

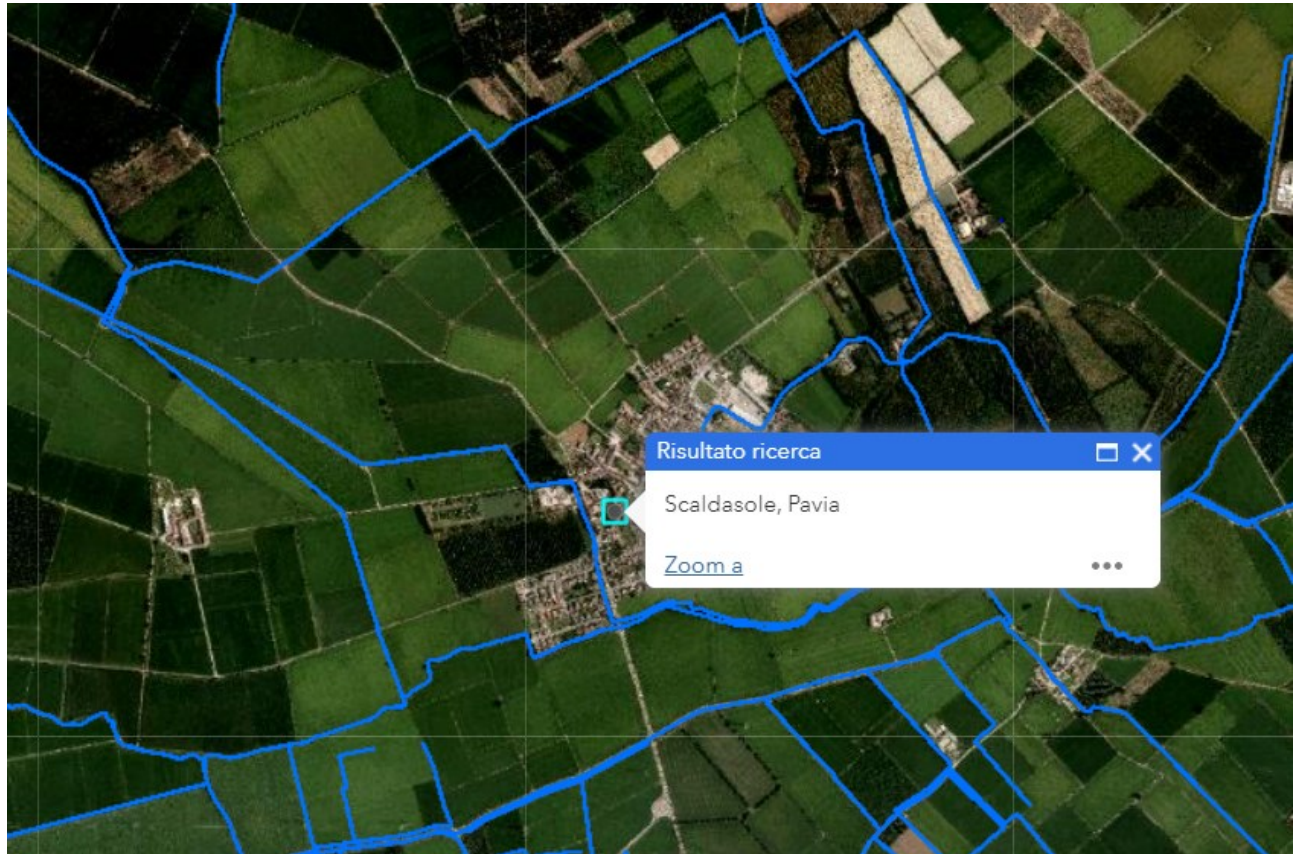


Figura 3-Reticolo irriguo principale



Figura 4-Cavo Pierino-Roggia Selvatica



Figura 5-Colatore Cavone

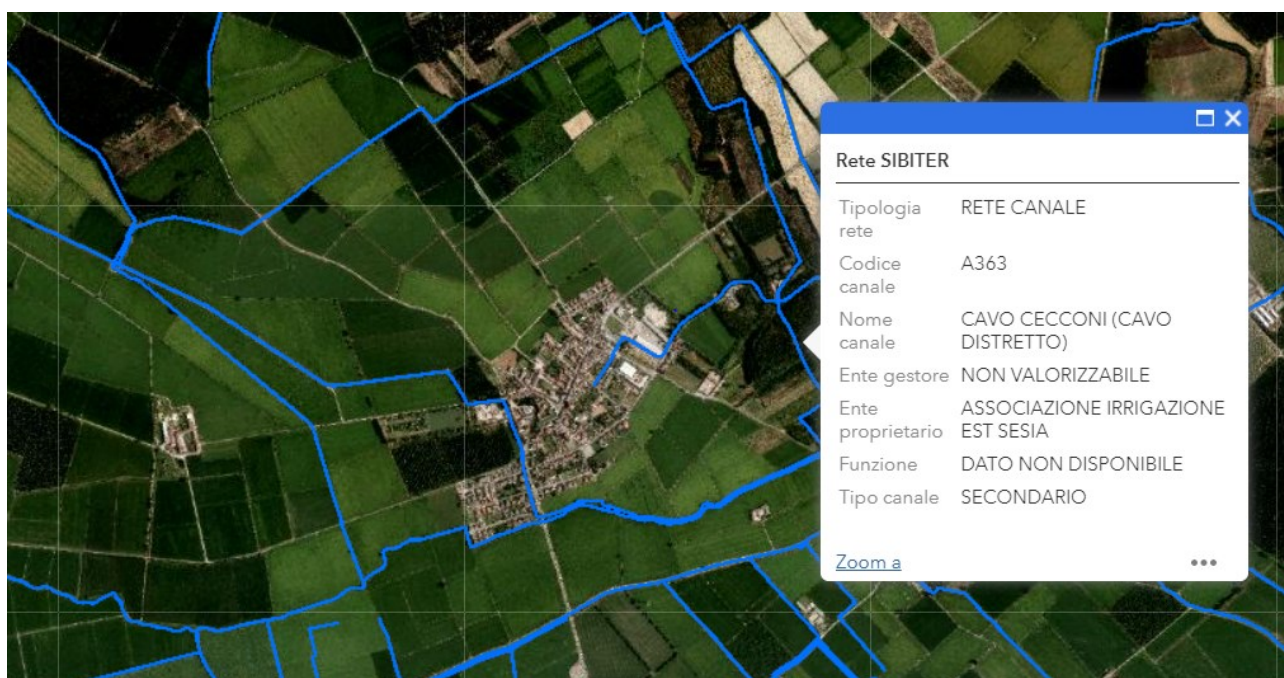


Figura 6 Cavo Cecconi



Figura 7 Roggia Biraga



Figura 8- Roggia Erbognetta



Figure 9 Cavo Malaspina

8.3 CLASSIFICAZIONE DEL RETICOLO MINORE

Ai fini di una classificazione dei canali ad uso irrigui, è stata effettuata una differenziazione della tipologia dei canali in base alla loro importanza, in termini di portata e continuità di flusso, e dell'ecosistema sviluppato lungo l'asta di canale. E' stata quindi adottata la seguente classificazione:

- **Canali di I° ordine**

Si tratta delle aste di larghezza maggiore (circa 4 m), aventi direzione di deflusso prevalente N-S, frequentemente bordate da strade alzaie e/o da filari di ripa (piantate). In molti casi presentano assetto naturaliforme, con alveo in terra ad andamento tortuoso. Si caratterizzano per la presenza costante di acqua con portate variabili in funzione dell'utilizzo e delle utenze asservite. In tali canali è presente una buona vegetazione di fondo che favorisce lo sviluppo di un ecosistema stabile.

- **Canali di II° ordine**

Sono i derivatori con sviluppo e larghezza minore e con funzione di adduttore diretto di acque ai campi. La loro attività è connessa all'irrigazione delle colture.

I canali di II° ordine non sono stati rappresentati.

8.4 INDIVIDUAZIONE DELLE FASCE DI RISPETTO

Si è ritenuto opportuno proporre l'istituzione di fasce di rispetto di tipo geometrico rispetto al ciglio spondale.

L'individuazione delle fasce tiene principalmente in considerazione l'aspetto legato alla necessità di garantire azioni di manutenzione e salvaguardia ambientale, rispetto alla componente del rischio idraulico, che per i colatori e i cavi ad uso irriguo risulta poco rilevante.

Le fasce di rispetto individuate ed approvate, costituiranno le aree di riferimento per l'effettuazione dell'attività di polizia idraulica e pertanto soggette alla normativa di polizia idraulica di cui al capitolo successivo; le fasce di rispetto costituiranno altresì l'area di applicazione dei canoni regionali, ai sensi dell'Allegato C della D.G.R. 7/13950 del 2003.

Sulle aree comprese nelle fasce di rispetto sopra indicate, andranno consentiti, da parte del proprietario, il libero accesso delle maestranze preposte alla manutenzione delle rogge e canali e l'esecuzione di tutte le operazioni ricognitive, manutentive e di riparazione che si dovessero rendere necessari eseguire sul corso d'acqua.

Per il reticolo minore vengono assunte le seguenti fasce di rispetto, differenziate per tipologia di canale, fermo restando che per qualsiasi opera riguardante il reticolo di competenza consorziale, dovrà essere acquisito il nulla osta del Consorzio di competenza.

- **Canali di primo ordine**: viene assunta una fascia di rispetto 5 metri per lato in riferimento al R.D. 523/1904 (limite di inedificabilità);

- **Canali di secondo ordine**: nessuna fascia di rispetto

9. VALUTAZIONE DEL GRADO DI VULNERABILITA' DELLA FALDA

Il grado di vulnerabilità intrinseca di un corpo idrico sotterraneo può essere valutato utilizzando uno dei seguenti metodi (Civita M., 1990).

1. zonazione per aree omogenee. Il grado di vulnerabilità è valutato usando la tecnica della sovrapposizione cartografica;
2. valutazione per sistemi parametrici (sistemi a matrice, a punteggio semplice, a punteggio e pesi, ecc.). In questo metodo vengono presi in considerazione alcuni parametri ai quali si attribuisce un punteggio arbitrario crescente a seconda dell'importanza del parametro stesso;
3. valutazione per modelli numerici. Si valuta un "indice di vulnerabilità intrinseca" che viene espresso da formule analogico matematiche più o meno complesse.

La metodologia adottata per la valutazione del grado di vulnerabilità intrinseca è assai simile a quella proposta dal Gruppo Nazionale Difesa alle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) (che utilizza due dei metodi precedenti elencati: la zonazione per aree omogenee e la valutazione per sistemi parametrici) in quanto, come si specificherà più avanti, ho ritenuto opportuno modificare parzialmente la suddetta metodologia in relazione alle caratteristiche geologiche ed agricole dell'area in esame.

Col metodo della zonazione per aree omogenee la vulnerabilità intrinseca viene stimata tramite la sovrapposizione e l'intersezione di carte tematiche riguardanti:

- la litologia di superficie;
- la profondità del tetto delle ghiaie;
- le caratteristiche idrauliche della falda (libera o in pressione).

In base alla variabilità di ognuno di questi fattori, vengono espresse 5 classi di vulnerabilità intrinseca:

Grado di vulnerabilità	Litologia di superficie	Profondità tetto ghiaie	Caratteristiche Acquifero
BASSO	Argilla	< 10 m	Falda a pelo libero o in pressione
	Limo-argilla	> 10 m	Falda in pressione
	Sabbia	> 10 m	Falda in pressione con soggiacenza 5 m
MEDIO	Limo	< 10 m	Falda a pelo libero o in pressione
	Sabbia	> 10 m	Falda da pelo libero o in pressione con soggiacenza 0÷5 m
ALTO	Sabbia e ghiaia	< 10 m	Falda in pressione
ELEVATO	Sabbia e ghiaia	< 10 m	Falda a pelo libero
ESTREMAMENTE ELEVATO	Ghiaia	0 m	Alvei fluviali disperdenti

Tabella 1 - Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi (Da Baraldi F. e Zavatti A., 1994)

Per quanto riguarda il metodo di valutazione della Vulnerabilità per sistemi parametrici, il più diffuso a livello mondiale è il sistema DRASTIC (sistema parametrico a punteggi e pesi) elaborato negli U.S.A.

DRASTIC è l'acronimo delle iniziali in lingua inglese dei sette parametri presi in esame:

- D (depth water), profondità della falda;
- R (recarge net), ricarica netta della falda;
- A (acquifera media), tipo di acquifero;
- S (soil media), tipo di suolo;
- T (topography), inclinazione della superficie topografica;
- I (impact of vadose zone media), impatto della zona aerata;
- C (conductivity hydraulic), conducibilità idraulica.

A ciascuno dei parametri sopra citati viene attribuito un intervallo di punteggio da 1 a 10 (I = intensità).

I valori di intensità sono riportati nella seguente tabella:

FATTORE D		FATTORE A	
<i>Profondità della falda (m)</i>	<i>Punteggio</i>	<i>Mezzo acquifero</i>	<i>Punteggio</i>
0 - 1,5	10	Argilliti compatte	1 - 3
1,5 - 4,5	9	Rocce ignee inalterate	2 - 5
4,5 - 9,0	7	Rocce ignee alterate	3 - 5
9,0 - 15,0	5	Sequenze sottili sedimentarie	5 - 9
15,0 - 22,5	3	Arenarie compatte	4 - 9
22,5 - 30,0	2	Marne compatte	4 - 9
> 30,0	1	Ghiaie e sabbie	4 - 9
FATTORE R		Basalti fratturati	2 - 10
<i>Ricarica della falda (m)</i>	<i>Punteggio</i>	Rocce carbonatiche	9 - 10
0 - 50	1	FATTORE S	
50 - 100	3	Tipo di suolo	<i>Punteggio</i>
100 - 175	6	Sottile o assente	10
175 - 250	8	Ghiaioso	10
> 250	9	Sabbioso	9
FATTORE T		Torboso	8
<i>Inclinazione sup. topogr. (%)</i>	<i>Punteggio</i>	Argilloso fessurato	7
0 - 2	10	Franco-sabbioso	6
2 - 6	9	Franco	5
6 - 12	5	Franco-limoso	4
12 - 18	3	Franco-argilloso	3
> 18	1	Franco a muck superficiale	2
FATTORE C		Argilloso compatto	1
<i>Conducibilità idraulica (cms⁻¹)</i>	<i>Punteggio</i>	FATTORE I	
5,0 ⁻⁵ - 5,0 ⁻³	1	Mezzo aerato	<i>Punteggio</i>
5,0 ⁻⁵ - 1,5 ⁻²	2	Limi e argille	1 - 2
1,5 ⁻² - 3,5 ⁻²	4	Argilliti	2 - 5
3,5 ⁻² - 5,0 ⁻²	6	Marne	2 - 7
5,0 ⁻² - 1,0 ⁻¹	8	Arenarie	4 - 8
> 1,0 ⁻¹	10	Stratificazioni sedimentarie	4 - 8
		Ghiaie e sabbie miste a limi	4 - 8
		Rocce ignee e metamorfiche	2 - 8
		Ghiaie e sabbie	6 - 9
		Basalti fessurati	2 - 10
		Rocce carbonatiche	8 - 10

Tabella 2 - Valori di intensità I di DRASTIC (da Aller L. et. alii 1986)

Le intensità di questi sette fattori devono poi essere moltiplicate per un valore di peso (P) che varia in funzione dell'importanza quali-quantitativa attribuita ad ogni fattore.

I pesi attribuiti sono i seguenti:

$$D = 5$$

$$R = 4$$

$$A = 3$$

$$S = 5$$

$$T = 3$$

$$I = 4$$

$$C = 2$$

La sommatoria dei diversi prodotti di intensità (I) e pesi (P) è uguale ad un indice DRASTIC (ID) secondo la formula:

$$ID = \sum I \times P$$

Dividendo la zona studiata mediante una griglia a maglie quadre è possibile assegnare ad ogni maglia un indice DRASTIC, cioè un valore numerico a cui corrisponde un certo grado di vulnerabilità intrinseca (tabella 3).

INDICE DRASTIC (ID)	GRADO DI VULNERABILITA'
26 - 71	Molto basso
72 - 117	Basso
118 - 163	Moderato
164 - 209	Elevato
210 - 256	Molto elevato

Tabella 3 - Grado di vulnerabilità (Da Baraldi F. e Zavatti A., 1994)

Per la valutazione del grado di vulnerabilità intrinseca dell'area di studio si può adottare il metodo della “zonazione per aree omogenee” sostituendo però, il parametro “profondità del tetto delle ghiaie” con quello di “soggiacenza della falda” ed inserendo il parametro “profondità del tetto delle ghiaie” con quello di “soggiacenza della falda” ed inserendo il parametro “tipo di coltivazione” che, essendo la zona interessata principalmente da monoculture intensive, quali riso e mais, risulta essere molto significativo.

La tabella, in base alla quale è possibile determinare i diversi gradi di vulnerabilità intrinseca, risulta, così, essere la seguente:

Grado di vulnerabilità	Tipo di coltivazione	Litologia di superficie	Soggiacenza della falda	Caratteristiche dell'acquifero
BASSO	Pioppeto-incolto Irriguo	Argilla Limo Argilla	< 5÷10 m < 5÷10 m < 5÷10 m	FALDA A PELO LIBERO
MEDIO	Pioppeto-incolto Irriguo Risaia	Limo Sabbia Argilla Limo Argilla	< 5÷10 m < 5÷10 m < 5÷10 m < 5÷10 m < 5÷10 m	FALDA A PELO LIBERO
ALTO	Pioppeto-Incolto Irriguo Risaia	Sabbia Limo Argilla Limo	< 5÷10 m < 5÷10 m < 5÷10 m < 5÷10 m	FALDA A PELO LIBERO
ELEVATO	Irriguo Risaia	Sabbia Limo	< 5÷10 m < 5÷10 m	FALDA A PELO LIBERO
ESTREMAMENTE ELEVATO	Irriguo Risaia	Sabbia Sabbia	< 5÷10 m < 5÷10 m	FALDA A PELO LIBERO

Tabella 4 - Vulnerabilità intrinseca dell'acquifero (Da Civita M., 1990, modificato)

Per l'area indagata il grado di vulnerabilità varia da “Medio” ad “Estremamente Elevato”. In particolare quasi tutta l'area risulta avere un grado di vulnerabilità “Estremamente Elevato”, ciò in quanto:

- a) le coltivazioni dominanti risultano essere la risaia e il mais;
- b) vi è una sensibile omogeneità dei terreni che costituiscono il non satura;
- c) la soggiacenza della falda è quasi ovunque minore di 10 metri.

Al fine di una più completa analisi, il grado di vulnerabilità ottenuto utilizzando il metodo DRASTIC è “Elevato” sul Piano Generale Terrazzato

Questa uniformità è dovuta al fatto che alcuni parametri calcolati con questo metodo variano molto poco, o risultano sempre costanti per tutta l'area come gli indici R (Ricarica della falda che è sempre > 250 mm).

A (Mezzo acquifero che è sempre costituito da sabbie e ghiaie).

T (Inclinazione della superficie topografica che è sempre inferiore al 2%).

S (Tipo di suolo che è sempre sabbioso o franco-sabbioso).

10. CLIMATOLOGIA

L'esame statistico e dinamico di serie di dati meteorologici locali e di situazioni meteorologiche areali consente caratterizzazioni climatiche di singoli siti e di aree geografiche di diversa estensione. Tali dati sono utili soprattutto nella pianificazione di svariate attività, dal settore produttivo a quello del controllo della qualità dell'ambiente, dalla gestione del territorio all'impiego del tempo libero.

Vengono forniti qui di seguito alcuni dati meteoclimatici relativi al territorio nel quale è inserito il comune di Scaldasole, utilizzando i valori disponibili, che si riferiscono ai dati meteorologici disponibili che provengono dalle località più prossime al comune (PAVIA GAMBOLO', GROPELLO CAIROLI, S. GIORGIO LOMELLINA); questi dati possono essere assimilabili, dal punto di vista dei caratteri meteorologici, al territorio comunale in esame.

Il territorio comunale di Scaldasole è inserito nella cosiddetta conca Padana; essa risente dell'effetto barriera della catena Alpina e di quella appenninica, contribuendo a differenziare il clima sia dall'Europa continentale s.s. che dalla zona più tipicamente mediterranea.

La regione padana è generalmente caratterizzata da inverni rigidi ed estati calde, in generale si assiste ad una scarsa circolazione delle masse d'aria a causa della barriera Alpina che impedisce la libera circolazione delle perturbazioni nordoccidentali, risultano quindi inverni fortemente nebbiosi.

Le precipitazioni aumentano in primavera in quanto si associano perturbazioni di provenienza mediterranea e perturbazioni da N-W.

Durante l'estate prevale un regime di pressioni livellate, ma con un certo contributo di attività temporalesche; in questo periodo la combinazione di temperature ed umidità elevate origina condizioni di caldo afoso. In autunno si ritorna ai massimi della piovosità locale, in quanto prevalgono gli influssi dei cicloni mediterranei.

10.1 TEMPERATURE

Le temperature evidenziano il carattere subcontinentale della zona, gli inverni presentano clima freddo (0° C circa), le estati sono calde (luglio 21° C circa) esistono relativi scarti tra le temperature nel medesimo periodo delle varie località rilevate, tuttavia il territorio si presenta omogeneo e senza grandi variazioni.

Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
Pavia	0.9	3.7	8.2	12.6	16.3	20.2	22.6	21.5	18.1	12.6	6.7	2.1	12.1
Gambolo'	-0.6	2.0	6.2	10.9	14.7	19.3	21.2	20.2	16.7	10.9	4.8	0.3	10.6
Gropello C.	-0.7	2.2	6.5	11.5	15.9	20.2	22.0	21.0	17.4	11.3	4.8	0.2	11.0
S. Giorgio L.	-1.1	1.4	5.1	9.4	13.9	17.3	19.5	19.1	15.4	10.2	4.3	0.2	9.6

Tabella 5 - Temperature medie mensili (esprese in °C) relative al periodo 1960-1985

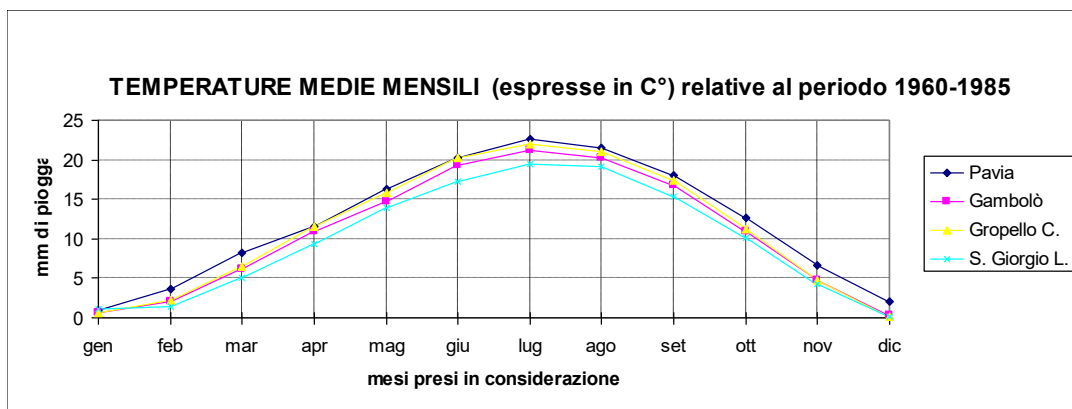


Figura 10- Temperature medie mensili registrate nelle stazioni di misura

10.2 PRECIPITAZIONI

Le precipitazioni presentano caratteristiche assimilabili a quelle tipiche del regime appenninico. Esistono due massimi di piovosità (Autunno e primavera), il massimo principale è quello autunnale (Ott. e Nov.). Il minimo delle precipitazioni si registra nel periodo estivo (Luglio).

Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
Pavia	69	67	76	74	88	71	48	88	59	109	95	60	904
Gambolò	58	69	81	75	86	71	50	77	64	103	88	60	882
Gropello C.	67	67	77	66	87	69	48	78	65	98	88	57	867
S. Giorgio L.	53	70	67	71	73	57	45	69	53	86	83	56	784

Tabella 6 - Precipitazioni medie (esprese in mm) relative al periodo 1960-1985

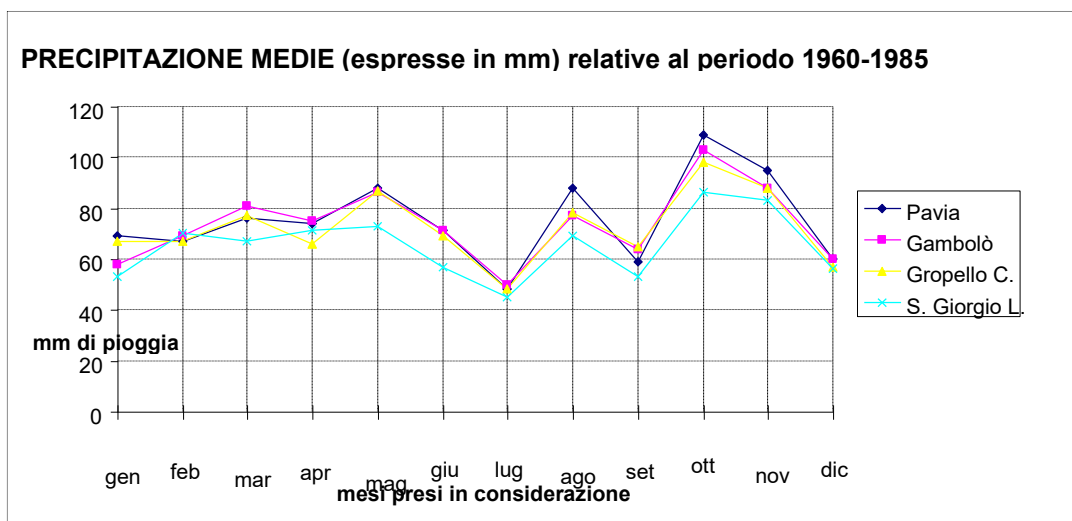


Figure 11 Precipitazioni medie mensili registrate nelle stazioni di misura

10.3 VENTI

Un parametro piuttosto importante per la valutazione opportuna dei migliori siti per particolari insediamenti (es. discariche) è la direzione del vento. La direzione prevalente è quella del settore S-W (50%), seguono nell'ordine la direzione S-E la N-E e la E, tali direzioni si riferiscono a dati relativi alla stazione di rilevamento di Pavia e vengono di seguito rappresentati con un grafico che indica la distribuzione percentuale delle direzioni del vento

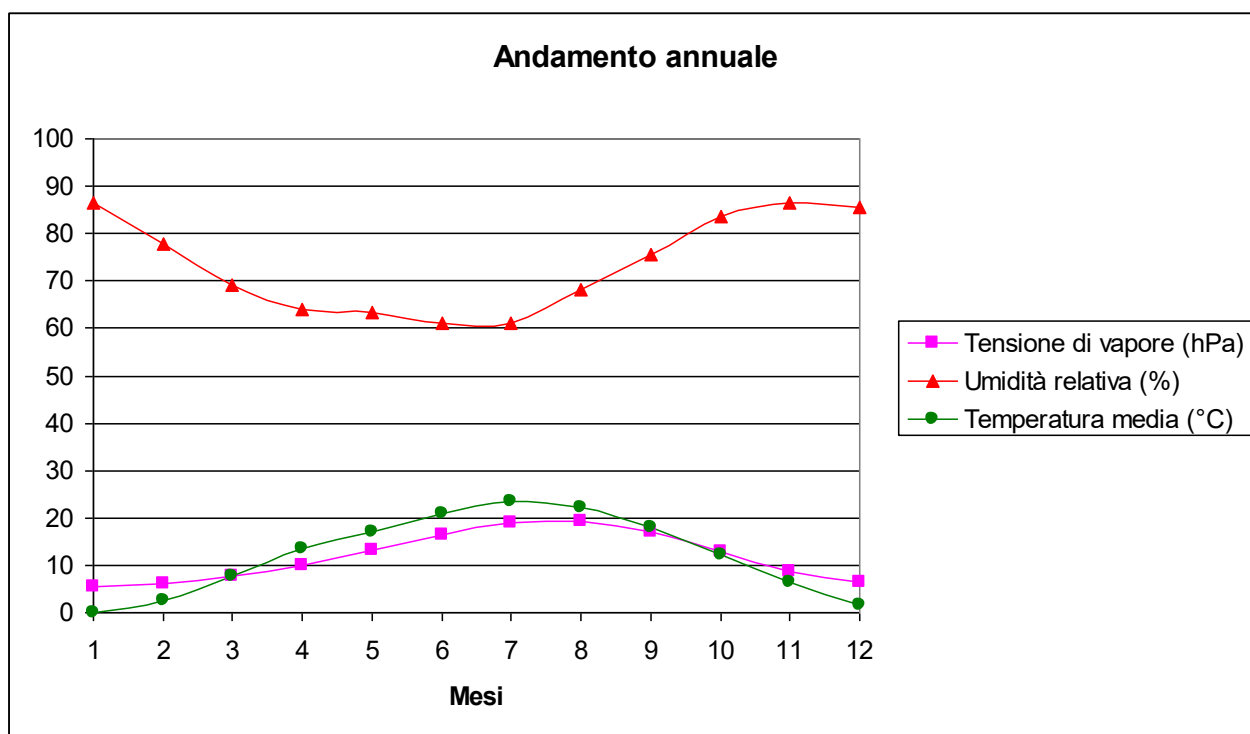
I dati raccolti sui venti fanno riferimento alla stazione di Pavia dove sono stati rilevati i valori delle frequenze relative cumulate, espresse in percentuale, della direzione del vento a diverse ore durante l'arco del giorno solare.

Le ore alle quali vengono fatte le misurazioni nell'arco dell'anno sono: 8.00, 14.00 e 19.00; rispetto alle misurazioni registrate si possono fare le seguenti considerazioni:

- * le misurazioni delle ore 8.00 evidenziano una prevalenza di orientamento del vento in direzione S-SO che subisce un aumento durante il periodo invernale ed una conseguente attenuazione durante la primavera - estate con una risalita graduale in autunno.
- * i dati che fanno riferimento alle ore 14.00 confermano in pratica i dati relativi alle ore 8.00 per quanto riguarda la direzione che ha come orientamento S-SO, con minime variazioni per il periodo primaverile; i mesi di agosto ed ottobre sono caratterizzati da estrema variabilità mentre solo nei mesi estivi si nota una certa prevalenza nei settori NE, SE e SO.
- * risulta sempre presente la prevalenza della direzione SO per il periodo dicembre - febbraio mentre da marzo a settembre prendono importanza i settori relativi a SE, E e NE.

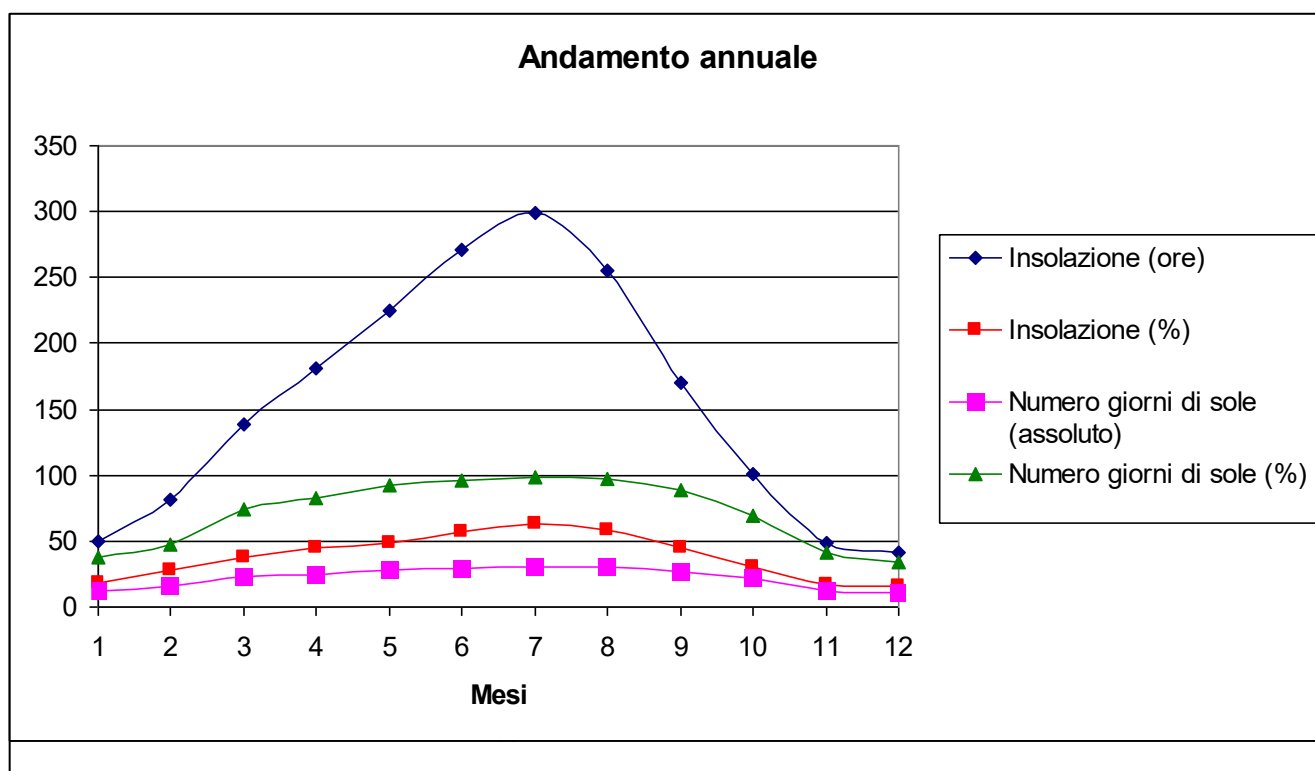
10.4 PARAMETRI METEO-CLIMATICI

Anche gli altri parametri meteorologici presenti nella tabella 7, che seguirà sono desunti da rilievi presso la stazione di Pavia ed interessano medie mensili ed annuali per un periodo trentennale dal 1942 al 1971. Anche se i valori non si riferiscono al territorio comunale in esame possono essere considerati sufficientemente indicativi data la vicinanza della stazione di rilevamento (16 Km in linea d'aria) e la simile ubicazione geografica e morfologica



Mese	pressione (hPa)	tensione di vapore (hPa)	umidità relativa %	temp. media °C	insola- zione (ore)	insolazio- ne %	numero di giorni di sole (assoluto)	numero di giorni di sole %
Gennaio	1007,1	5,53	86,6	-0,1	49,7	17,8	11,8	38,1
Febbraio	1005,5	6,13	77,9	2,7	81,5	27,7	15,9	47,2
Marzo	1005	7,62	69,2	7,7	138,5	37,2	22,8	73,6
Aprile	1003,9	10,06	64,1	13,5	181	44,7	24,7	82,3
Maggio	1004	13,26	63,4	17,1	225,1	48,4	28,5	91,8
Giugno	1004,4	16,41	61,2	21	271,4	57,4	28,9	96,5
Luglio	1006,6	18,94	61,1	23,4	299,3	63,3	30,6	98,7
Agosto	1004,4	19,30	68,2	22,1	254,7	58,7	30,2	97,5
Settembre	1006,6	16,90	75,6	18,1	170,4	45,4	26,7	89
Ottobre	1007,9	12,73	83,6	12,3	101,4	30,5	21,6	69,7
Novembre	1005,6	8,83	86,6	6,4	48,1	16,9	12,5	41,7
Dicembre	1006,2	6,45	85,6	1,7	41,1	15,2	10,5	33,5
Anno	1005,4	11,81	73,5	12,2	1862,3	41,8	264,7	72,5

Tabella 7 - Parametri meteo-climatici



11. PEDOLOGIA

All'interno del presente rapporto, vengono descritti i principali tipi di suoli presenti nell'area comunale, intendendo per "suolo" come una parte del terreno superficiale che sotto l'azione combinata del clima e della vegetazione, produce "un mezzo equilibrato, stabile, dotato di proprietà fisiche, chimiche e biologiche ben definite che conferiscono al suolo la sua propria individualità" (Duchaufour -1970).

Lo studio dei suoli è stato condotto a grande scala, utilizzando la conoscenza diretta dei suoli e con l'ausilio della carta pedologica della Lomellina orientale redatta dall'ERSAL della Lombardia.

Le informazioni raccolte hanno permesso una soddisfacente comprensione del paesaggio e dei relativi processi morfologici e pedogenetici attualmente in atto

Le classificazioni e le varie definizioni fanno riferimento alla classificazione dei suoli riconosciute che sono: Soil Taxonomy (1990), la classificazione francese CPCS (1962) e la legenda FAO (1988).

Per comodità di comprensione nel caso specifico è stata utilizzata la nomenclatura proposta per la legenda descritta dalla Soil Taxonomy.

11.1 CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI

Possono essere classificati tenendo conto di alcune differenze sostanziali a seconda del peso dati ai vari fattori classificativi che possono essere così riassunti:

- sistemi di classificazione di concezione statunitense come Soil Taxonomy e FAO, i quali definiscono e classificano i vari suoli in modo statistico in genere in maniera indipendente dai processi e condizioni ambientali, salvo alcune eccezioni per il sistema FAO.
- sistemi europei come quello francese CPCS, secondo il quale non si può prescindere per la classificazione di un suolo, dal valutare l'ambiente e le condizioni legate ai processi chimici e fisici in atto.

Considerando queste distinzioni può essere fatta una suddivisione a grandi linee dei suoli presenti nel comune di Scaldasole, partendo dalla classificazione delle grandi aree morfologiche e geologiche presenti.

Oltre alla classificazione vera e propria sempre a grande scala, sono state distinte le zone interessate dalla stessa capacità di uso del suolo e nello stesso tempo identificata la capacità intrinseca di protezione del suolo nei confronti degli agenti inquinanti.

11.2 DISTRIBUZIONE TERRITORIALE DEI SUOLI

La distribuzione areale dei suoli è stata fatta utilizzando il concetto di “consociazione” dove vengono di norma raggruppati tutti i suoli appartenenti ad una determinata serie e quelli ad essi simili.

Utilizzando le distinzioni morfologiche e geologiche possono essere distinte le seguenti consociazioni:

- **FIW - Fluvio glaciale Wurm**. Rappresenta il livello fondamentale della Pianura Padana e costituisce il terrazzo principale sul quale insiste la maggior parte dell'area comunale con il centro abitato di Dorno

I suoli presenti possono essere assimilati a suoli bruni lisciviati tipo Luvisols e Arenosols con un profilo tipico completo A-B-C, anche se spesso può mancare l'orizzonte B, ed un grado di saturazione spesso superiore al 35%, i quali si insediano sui depositi sabbiosi, sabbioso-limosi.

La tessitura medio-grossolana favorisce un buon drenaggio naturale delle acque, che rende fertile la piana ed una buona lavorabilità della stessa, rendendo le pratiche colturali limitate.

Su questi terreni si insedia una vegetazione spontanea molto varia costruita da una grande varietà di piante, fra le quali le più diffuse sono il pioppo nero, il pioppo bianco, il tiglio, il sanguinello e l'acero campestre.

Nei terrazzi intermedi e nelle scarpate, presenti ai bordi del terrazzo principale della pianura, si insediano in genere i suoli tipo Cambisols, molto alterati e rimaneggiati fino a cambiare la loro colorazione originaria.

Tipico di questi suoli è la presenza della robinia, che si sviluppa su terreni sabbiosi e funziona da elemento stabilizzante per le scarpate.

11.3 CAPACITA' PRODUTTIVA

A seconda dei tipi di suoli che si incontrano, è stata redatta una classifica riconosciuta a livello internazionale, che valuta la capacità delle varie unità pedologiche, la quale esprime la potenzialità intrinseca dei suoli nei confronti di un loro utilizzo in agricoltura.

La “Land capability classification” del U.S. Department of Agriculture tiene conto di una serie di indizi, quali ad esempio la morfologia, la posizione geografica e le varie caratteristiche chimiche e fisiche intrinseche dei terreni; tale classificazione suddivide una serie di classi che vanno da 1 a 8, ciascuna rappresentante le varie unità di capacità d'uso.

In una classificazione del tutto generale all'interno del territorio comunale si possono distinguere tre classi principali:

- **Suoli di classe II-III** - Si trovano in genere sul terrazzo alto della pianura padana all'interno dei depositi fluvio-glaciali wurmiani e interessano una serie di suoli che si insediano in aree a debolissima pendenza e con scarsa erodibilità sia eolica che idrica. In genere presentano un limitato spessore del suolo ed hanno uno scheletro medio grosso costituito da orizzonti sabbiosi frammisti a limi e argille.

Queste tipologie vanno comunque corrette con ammendanti chimici ed organici al fine di rettificare le deficienze intrinseche.

12. INDAGINI ESEGUITE

Al fine di dare un inquadramento geologico geotecnico e sismico dell'area comunale sono state eseguite le seguenti Indagini:

- N.3 prove CPT statiche
- N.2 prove MASW

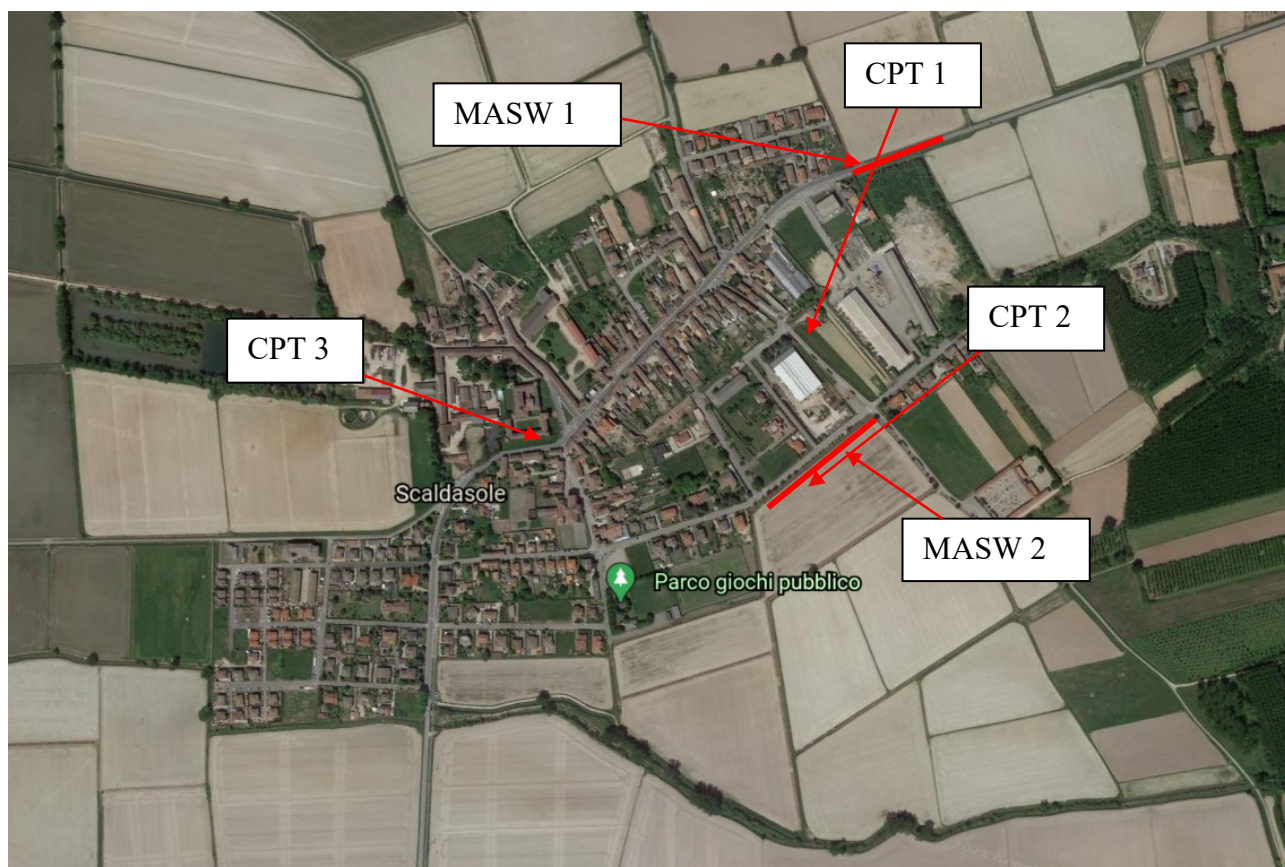


Figura 12-Ubicazione indagini

12.1 CPT

12.1.1.CPT 1

Errore. Non si possono creare oggetti dalla modifica di codici di campo.

Errore. Non si possono creare oggetti dalla modifica di codici di campo.

Errore. Non si possono creare oggetti dalla modifica di codici di campo.

Errore. Non si possono creare oggetti dalla modifica di codici di campo.

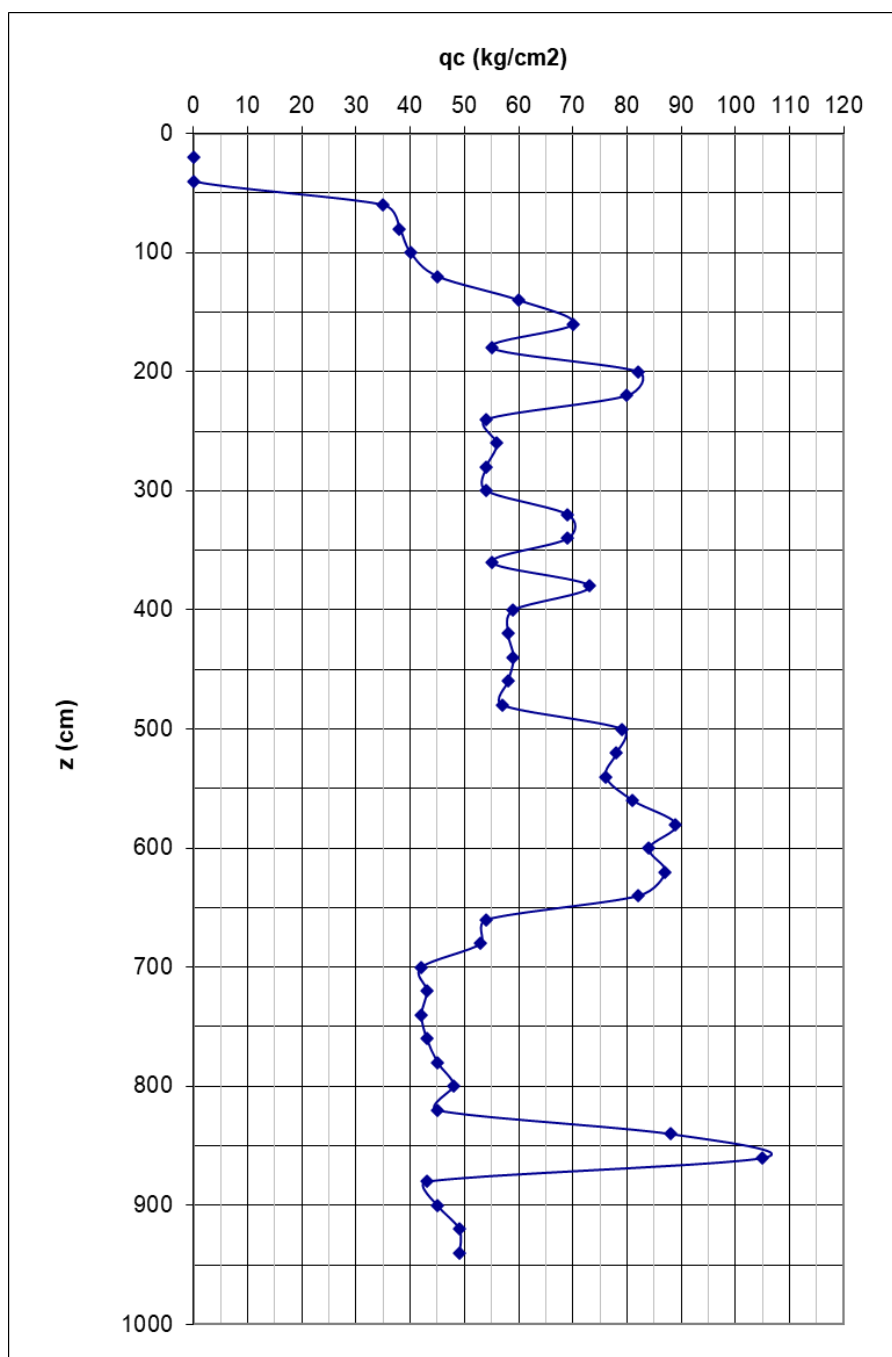
12.1.1.CPT 2

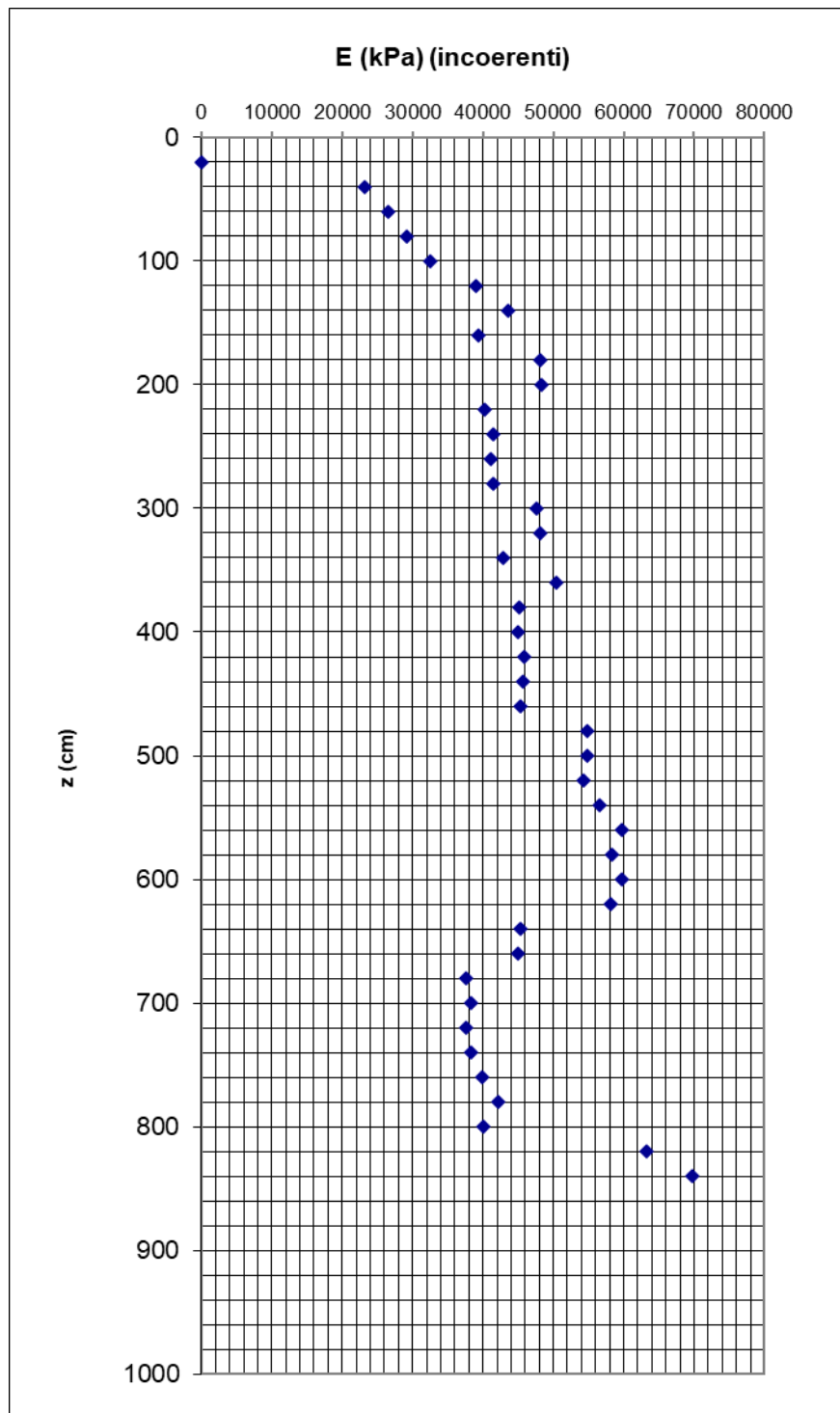
Errore. Non si possono creare oggetti dalla modifica di codici di campo.

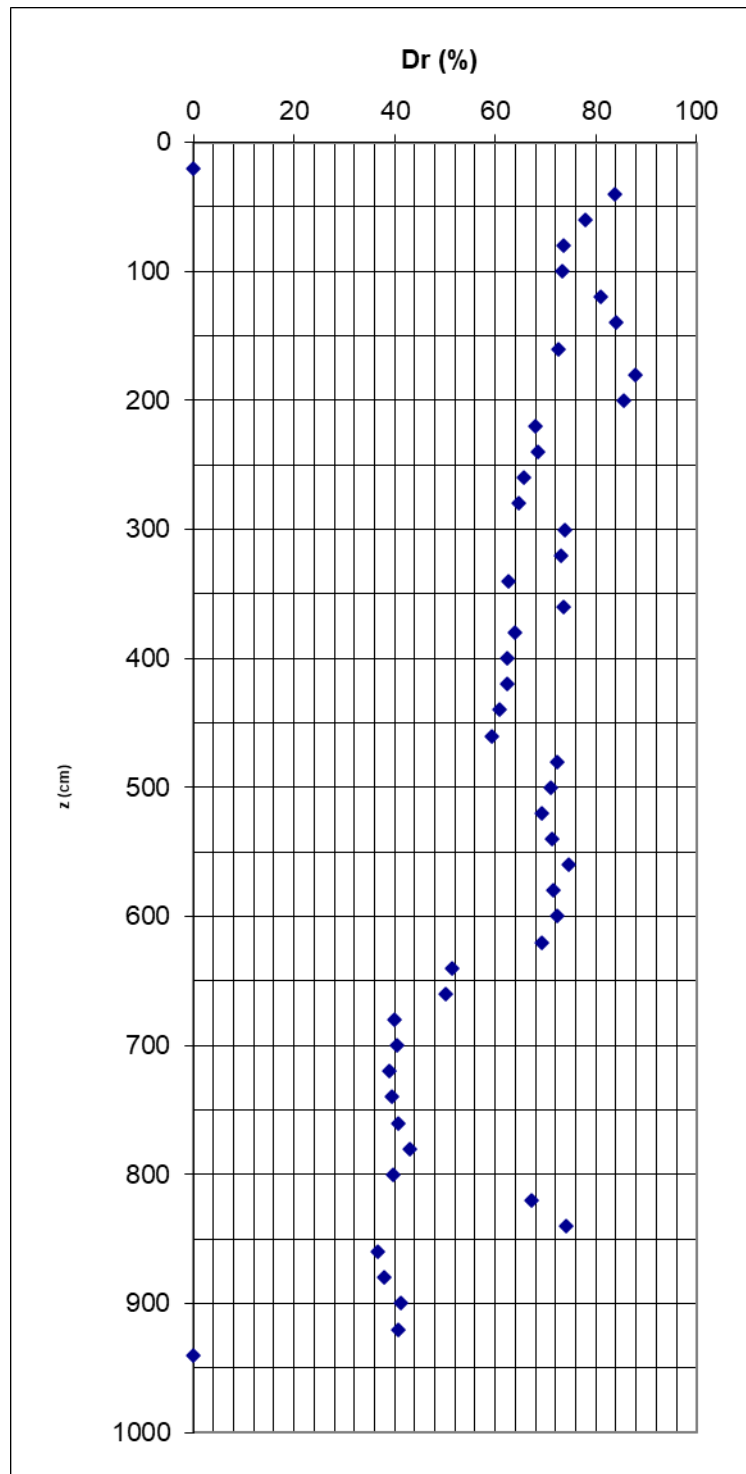
Errore. Non si possono creare oggetti dalla modifica di codici di campo.

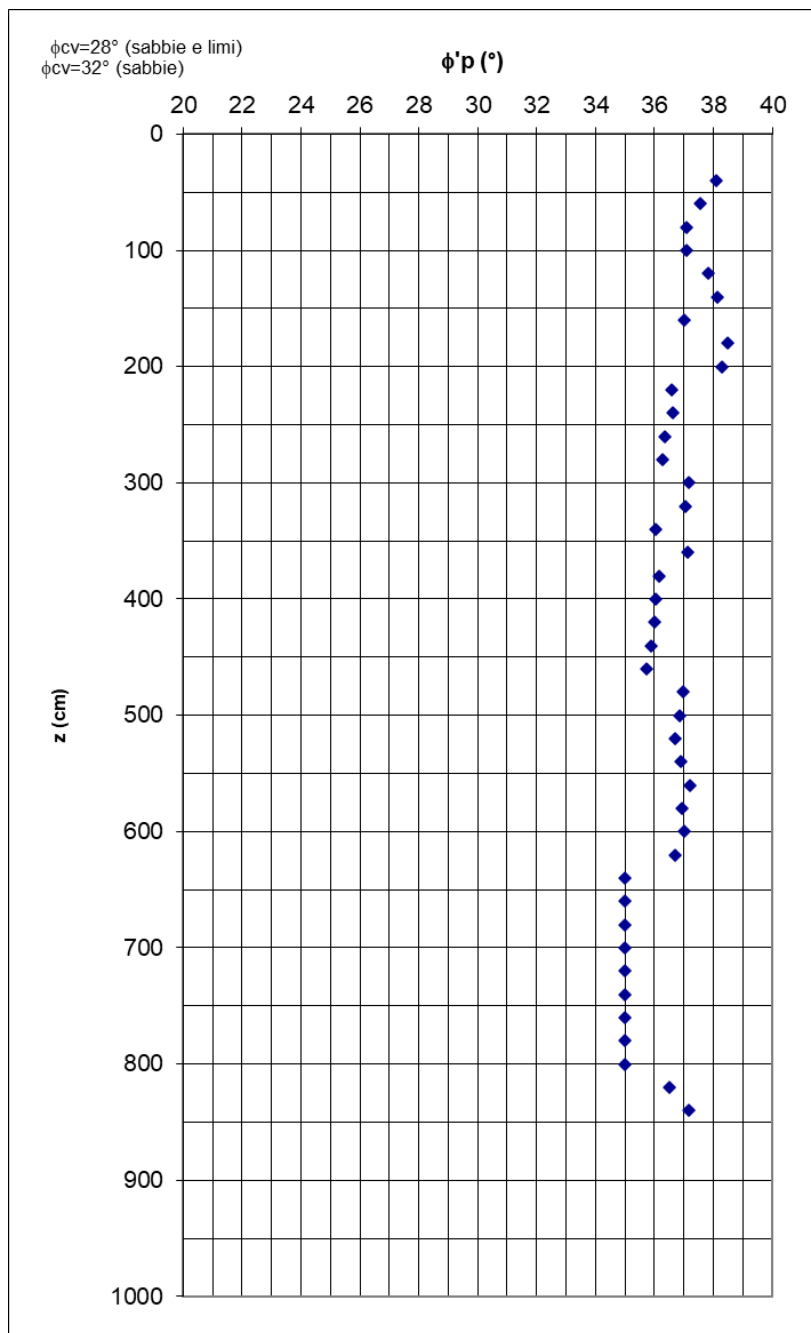
**Errore. Non si possono creare oggetti dalla modifica di codici di campo.
Errore. Non si possono creare oggetti dalla modifica di codici di campo.**

12.1.1.CPT 3









12.2 MASW

L'acquisizione di campagna è stata condotta con sismografo PASI modello Gea 24 con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtraggio digitale programmabile (per la riduzione dei rumori) e guadagno automatico del segnale (in ampiezza), geofoni verticali e orizzontali da 4.5 Hz spazati di 5m con offset a 5m di distanza dal primo geofono, l'energizzazione è avvenuta tramite mazza del peso di 10 Kg.

Per avere un'approfondita Analisi Multicanale delle Onde di Superficie (M.A.S.W.), sono stati acquisiti 2 dataset differenti, tramite altrettante modalità di acquisizione:

➤ Dataset Onde Rayleigh componente verticale (ZVF):

- 12 geofoni verticali da 4,5 Hz,
- Energizzazione verticale su piastra quadrata in lega di alluminio.

➤ Dataset Onde Love componente orizzontale (THF):

- 12 geofoni orizzontali da 4,5 Hz con l'asse del geofono perpendicolare allo stendimento;
- Energizzazione orizzontale su traversina in legno.

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software WinMASW 3C 7.2 beta e nell'analisi sono stati scelti i dataset migliori acquisiti scegliendo il più rappresentativo per le Onde di Rayleigh (ZVF) e per le Onde di Love (THF). Una volta individuati sono stati determinati gli spettri di velocità per ogni dataset ed è stata effettuata una modellazione congiunta, utilizzando nella stessa anche i dati H/V elaborati a seguito dell'acquisizione sismica passiva mediante geofono triassiale 3D.

12.3.1 MASW-RAPPRESENTAZIONE ED INTERPRETAZIONE DEI DATI SISMICI

Rappresentazione ed interpretazione dei dati sismici

Al fine di fornire i valori delle Vs, necessarie per la caratterizzazione sismica del sito, sono state realizzate due stese sismiche denominate L1 ed L2, entrambe di lunghezza pari a 60m con distanza intergeofonica pari a 5.0 metri.

L'energizzazione del terreno (sorgente di energia), per la lettura dei tempi di arrivo delle onde Superficiali (Rayleigh), è stata ottenuta impiegando una mazza battente da 10 kg in senso verticale su di una piastra in alluminio aderente al suolo. L'energizzazione è stata effettuata agli estremi degli stendimenti ad una distanza di 5.0m ed è stata eseguita più volte per garantire l'apprezzabilità dei segnali raccolti dal sistema di acquisizione dati.

Si riportano di seguito i sismogrammi frutto della somma di ciascuna acquisizione, filtrati di eventuali disturbi di fondo, scelti per la modellazione.

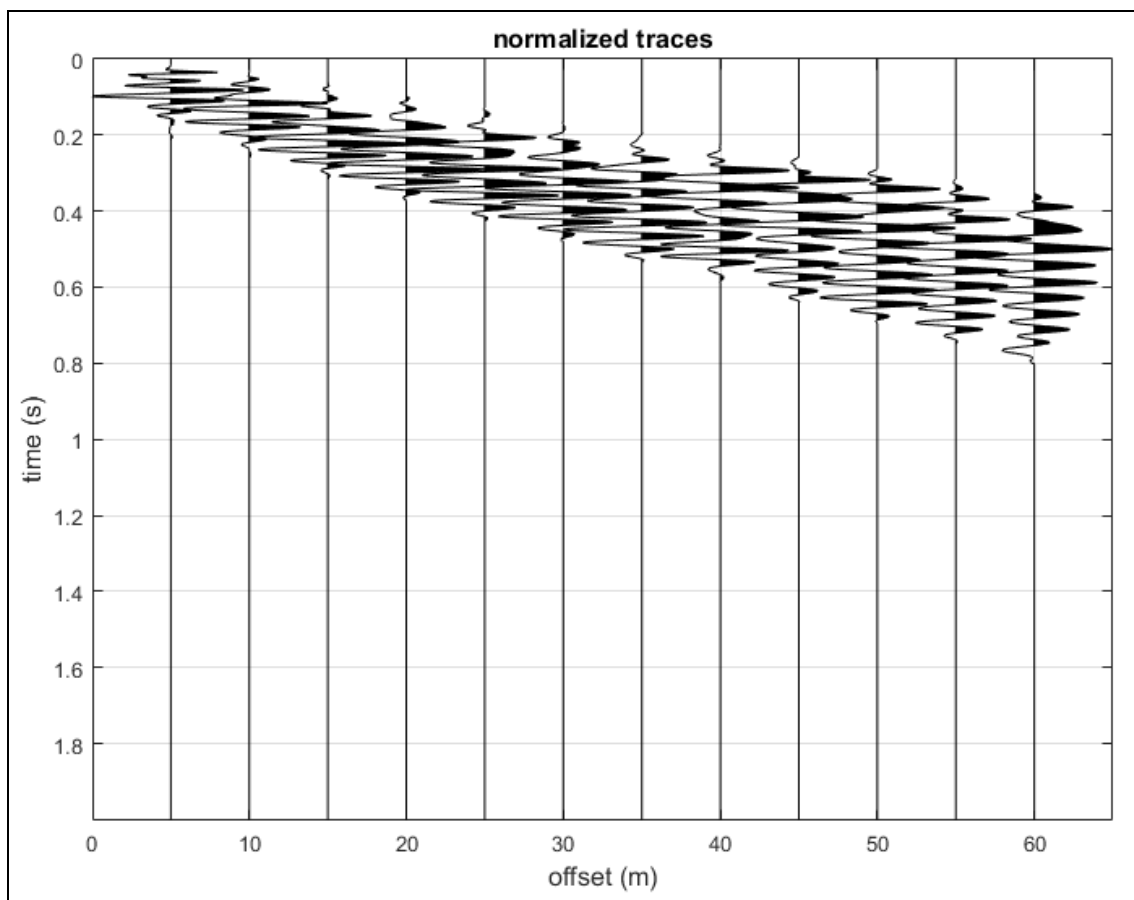


Figura 13: Sismogramma base sismica L1.

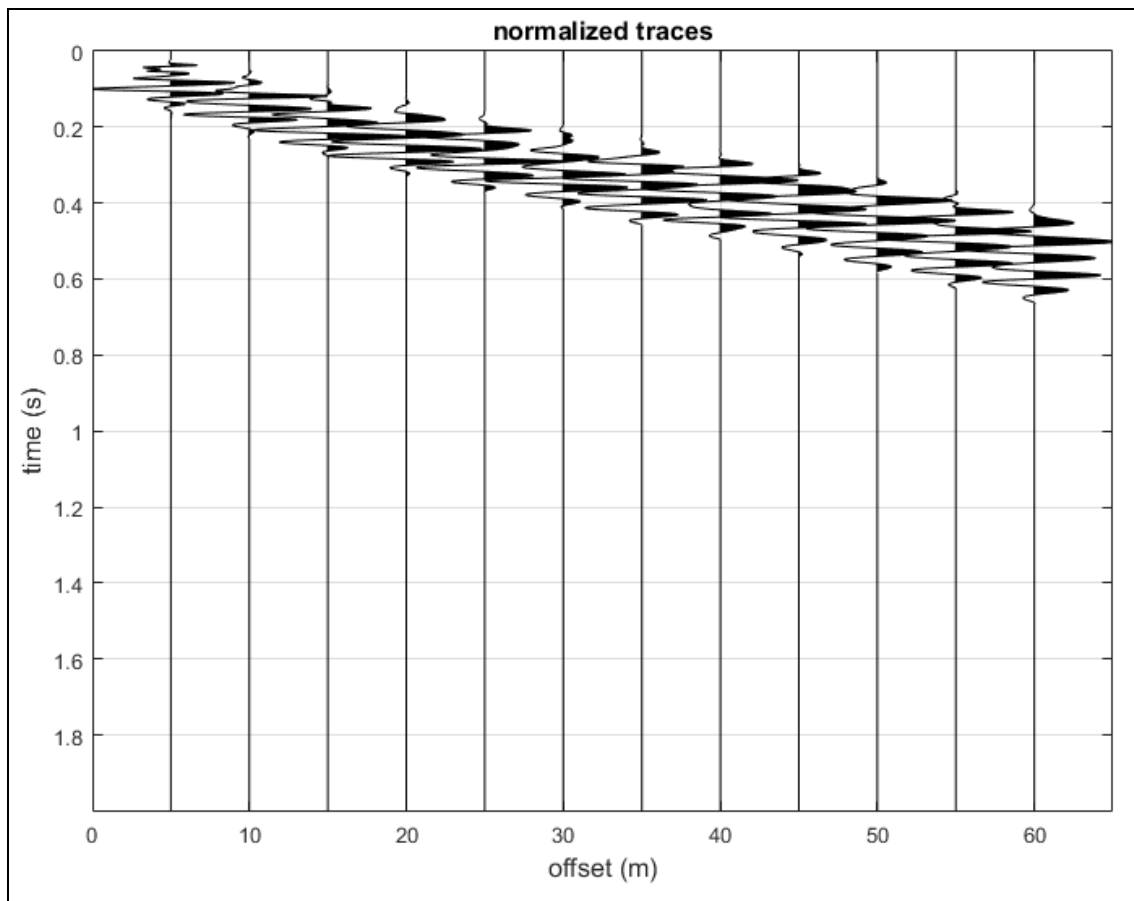


Figura 14 Sismogramma base sismica L2.

L'elaborazione dei sismogrammi ha consentito di estrapolare lo spettro di velocità dal quale si è risalito tramite picking alla curva di dispersione che consente di ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.

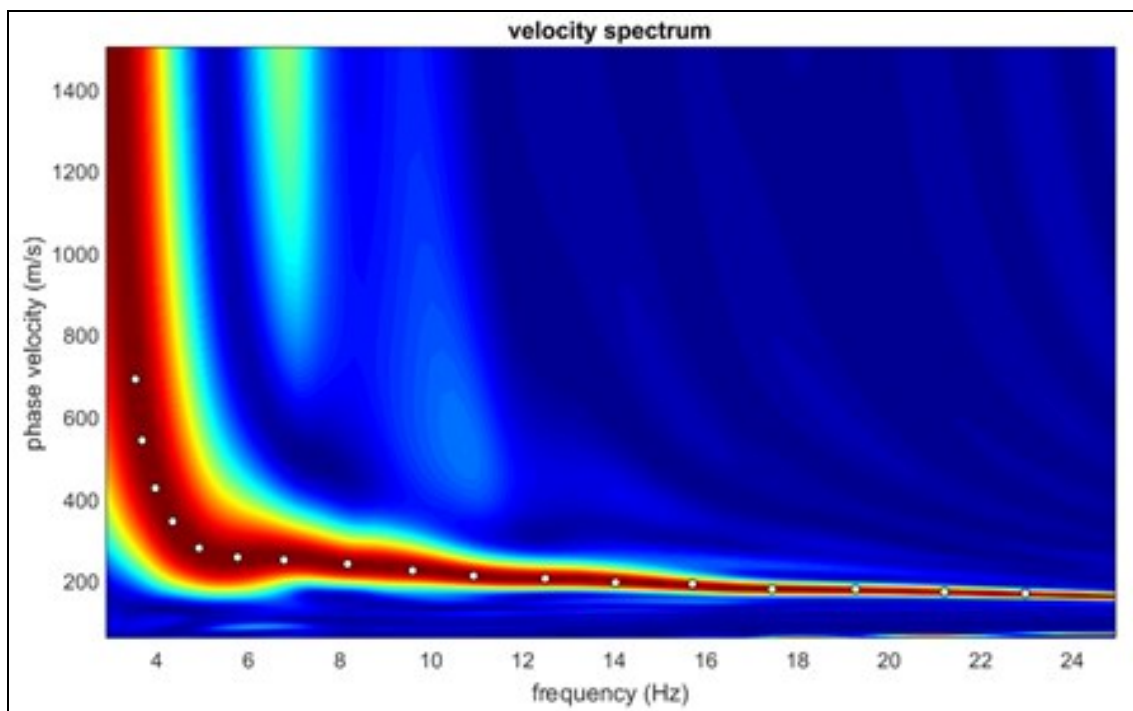


Figura 15: Spettro di velocità base sismica L1 con picking.

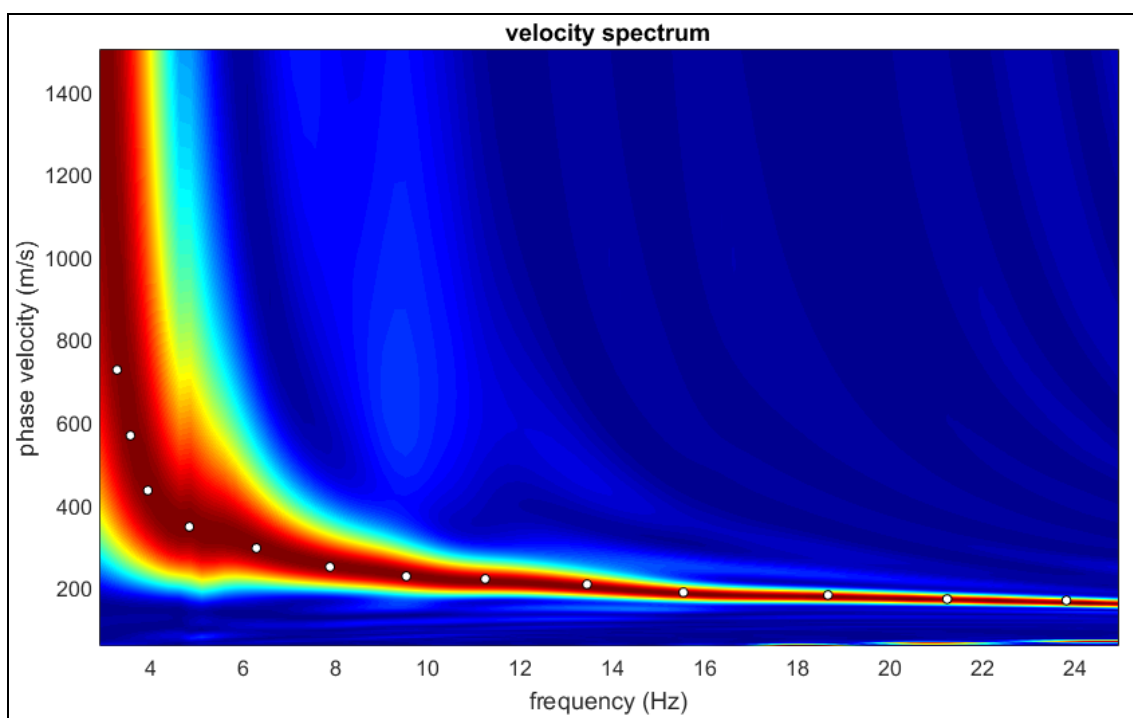


Figura 16: Spettro di velocità base sismica L2 con picking.

Dall'inversione delle curve di dispersione si è ottenuta la ricostruzione del sottosuolo in orizzonti aventi differenti spessori e valori di velocità:

L1		
Spessore (m)	Profondità (m)	V_s (m/sec)
2.6	0.0-2.6	132
1.6	2.6-4.2	189
5.6	4.2-9.8	238
4.9	9.8-14.7	225
8.5	14.7-23.2	314
5.7	23.2-28.9	366
1.1	28.9-30.0	332

L2		
Spessore (m)	Profondità (m)	V_s (m/sec)
2.5	0.0-2.5	144
3.6	2.5-6.1	226
4.0	6.1-10.1	239
3.7	10.1-13.8	227
7.4	13.8-21.2	372
8.2	21.2-29.4	359
0.6	29.4-30.0	462

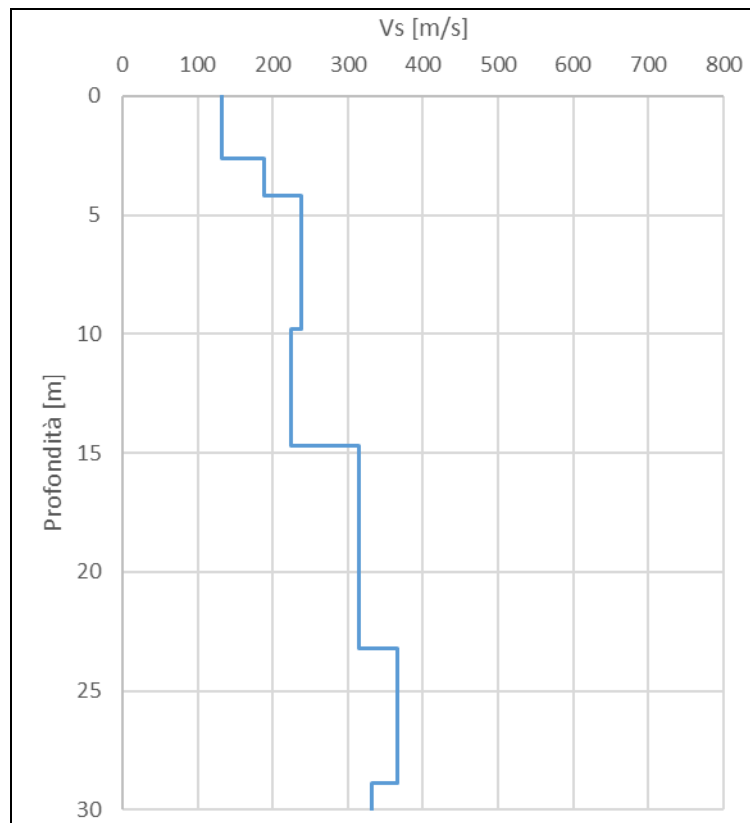


Figura 17: Diagramma delle velocità V_s riferite ai vari strati intercettati nella base sismica L1.

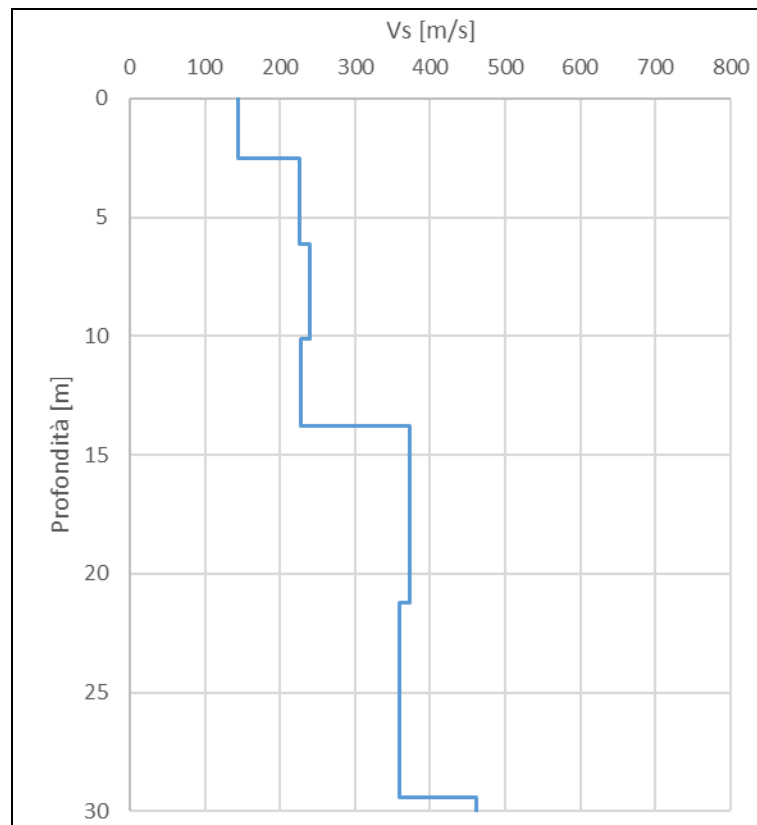
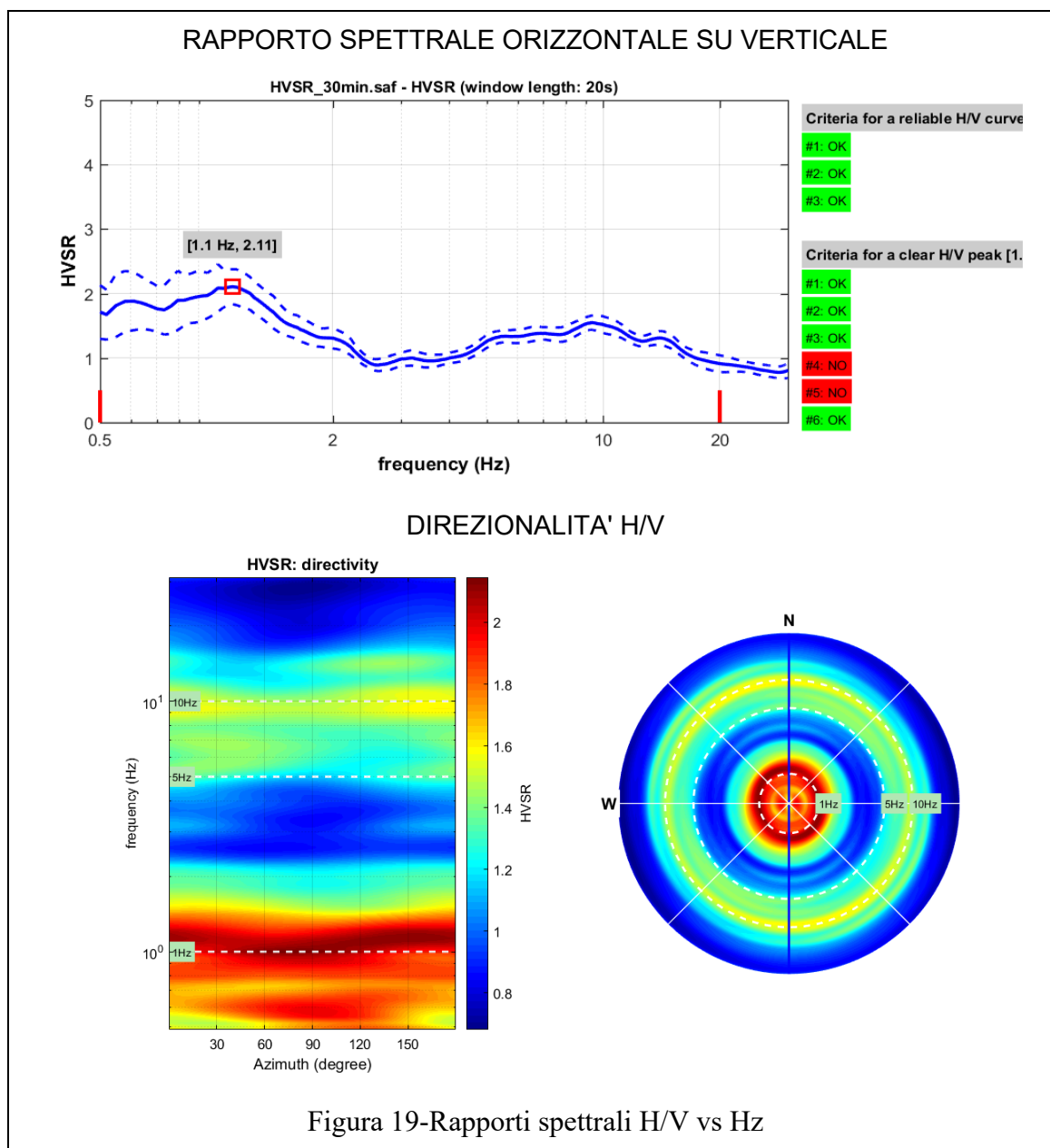


Figure 18: Diagramma delle velocità V_s riferite ai vari strati intercettati nella base sismica L2.

12.3.2 RISULTATI INDAGINI SISMICA PASSIVA H.V.S.R.

Per la verifica della presenza di eventuali orizzonti rifrattori più profondi rispetto alla massima profondità indagata con la sismica attiva e per l'elaborazione congiunta con la medesima oltre che per la determinazione dei valori di frequenza caratteristica del sito e del suolo è stata eseguita una acquisizione puntuale (TR1) in passivo del microtremore sismico ambientale mediante geofono triassiale 3D e per una durata di venti minuti. Si riportano di seguito i relativi diagrammi H/V elaborati dalla misurazione effettuata sull'area di interesse.



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

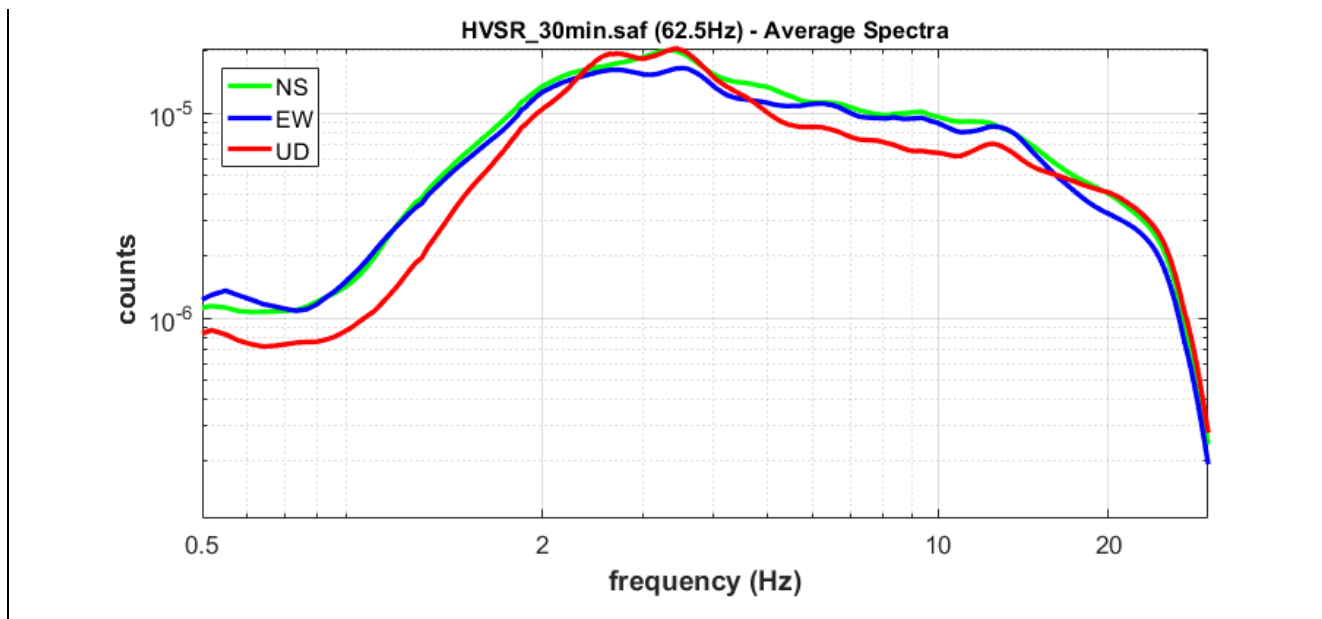


Figura 20 Rapporti spettrali H/V vs Hz per le singole componenti.

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dalla sua altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula:

$$freq. \text{ naturale edificio} \cong 10 \text{ Hz} / \text{numero piani}$$

Si tenga conto che se si verifica la seguente somiglianza tra risonanza del terreno e della struttura:

$$freq. \text{ naturale edificio} \cong freq. \text{ naturale coperture}$$

si creano condizioni di pericolo, perché si dà luogo alla massima amplificazione.

Si evince che i valori di frequenza caratteristica di risonanza del sito (1.1 Hz) e il valore di frequenza fondamentale di risonanza dell'edificio dovranno essere sufficientemente diversi così da non comportare il verificarsi di fenomeni di doppia risonanza.

13. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Nell'ambito del territorio comunale sono state eseguite in passato, una serie di prove geotecniche in sito che hanno permesso la caratterizzazione geotecnica dei terreni.

I dati provenienti dalle prove, reperiti in parte da pubblicazioni esistenti e in parte da studi condotti per edifici privati, hanno consentito una ricostruzione geologico tecnica di una fascia di sottosuolo compresa tra 10-15 m a partire dal piano campagna attuale.

Poichè si ritiene che esista una reale omogeneità tra le varie fasce di territorio individuate sull'area comunale, sia dal punto di vista geologico che morfologico, si possono ragionevolmente raggruppare anche dal punto di vista geotecnico le litologie precedentemente descritte.

A tale scopo la Tabella riassume i parametri più importanti da utilizzare per un dimensionamento di massima delle opere fondazionali:

Litologia di riferimento	γ_{sat} [t/m ³]	attrito effettivo [°]	Coesione effettiva [t/m ²]
a1/a2	1.6-1.7	30-32°	0
FIW	1.5-1.8	32-35°	0-2

Tabella 8 - Parametri geotecnici di riferimento

dove:

γ = peso di volume saturo del terreno

ϕ = angolo di attrito del terreno espresso in gradi

C' = coesione espressa in sforzi effettivi

A questi parametri, in genere ricavati direttamente dalle prove in sito o in laboratorio, se ne possono aggiungere altri quali la densità relativa (D_r -espressa in %) nel caso di terreni sabbiosi e il contenuto in acqua (W -espresso in %), i quali però risultano ricavabili per successive estrapolazioni e quindi meno attendibili.

Sulla validità e sulla attendibilità dei parametri geotecnici sopraconsiderati vanno comunque aggiunte alcune considerazioni al fine di un loro corretto utilizzo:

- in tutte le diverse situazioni geologiche non sono stati valutati i parametri geotecnici relativi al terreno vegetale, il quale in genere viene asportato completamente, per uno spessore variabile a 0.5 m fino ad 1.0 m circa al fine di evitare cedimenti indesiderati alle fondazioni dovuti alla degradazione delle radici;

- i parametri considerati sono stati dedotti attraverso abachi che prendono in considerazione prove CPT, prove penetrometriche statiche, condotte, come risulta dalle descrizioni, secondo gli standard consigliati dall'A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana-1977);
- i valori riportati sono quindi valori medi, che indicano uno spettro di variabilità all'interno dei quali i progettisti possono pensare di muoversi per gli opportuni calcoli fondazionali;
- la verifica delle caratteristiche geotecniche dei terreni dovrà comunque essere fatta attraverso prove mirate per i tipi di terreno descritti, a seconda della tipologia da edificare sul territorio e nel rispetto delle NTC 2018.

14. SISMICITA'

La classificazione sismica attribuisce all'intero territorio nazionale valori differenti del grado di sismicità da prendere in considerazione nella progettazione delle opere.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto deve essere valutata anche l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio VS. In base alle grandezze sopra definite si identificano le seguenti categorie del suolo di fondazione:

- A Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
- B Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s
- C Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s.
- D Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di Vs30 < 180 m/s .
- E Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di Vs30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con Vs30 > 800 m/s.

I valori convenzionali di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ed assumono i valori riportati nella Tabella.

Zona	Valore di a_g
1	0.35g
2	0.25g
3	0.15g
4	0.05g

Le zone 1, 2 e 3 possono essere suddivise in sottozone caratterizzate da valori di a_g intermedi rispetto a quelli riportati nella tabella e intervallati da valori non minori di 0,025. In tal caso, i vari territori saranno assegnati alle sottozone in base ai valori di a_g con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.

Nell'ambito dell'aggiornamento degli studi geologici relativamente alla componente sismica, a seguito dell'approvazione del D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008, Supplemento ordinario n. 30, ed entrato in vigore il 6 marzo 2008, e della legge 28 febbraio 2008 n. 31 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 31 dicembre 2007 n. 248", ed alla Deliberazione Giunta regionale 30 novembre 2011 - n. IX/2616 Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374 è stato eseguito uno studio di caratterizzazione sismica del sottosuolo del Comune di Scaldasole, con le seguenti finalità:

- definire la categoria del suolo di fondazione
- caratterizzare la pericolosità sismica del sito in oggetto, attraverso l'individuazione di un parametro di riferimento (a_g = accelerazione orizzontale massima);
- caratterizzare le aree costituenti il territorio comunale in funzione degli effetti di amplificazione sismica locale, così da redigere una "Carta della pericolosità sismica locale", in cui viene riportata la perimetrazione areale e lineare degli scenari di pericolosità sismica locale.

Secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3519 del 28 aprile 2006 – "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" riferita all'intero territorio nazionale, e recepita dalla Regione Lombardia tramite la D.G.R. n.X/2129 - 11.07.2014 il territorio comunale di Scaldasole è classificato in zona sismica 3 a "sismicità bassa", cui corrisponde un valore massimo di a_g pari a 0.15g.

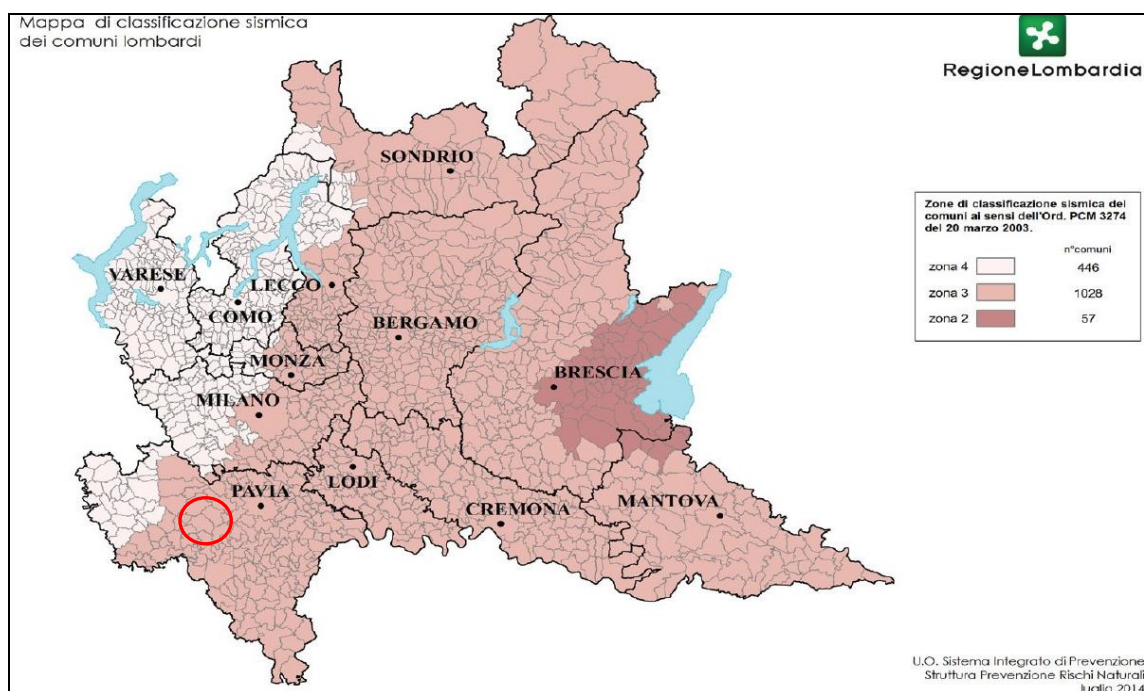


Figura 21-Classificazione sismica dei comuni della Lombardia a seguito DGR n.X/2129

Allo stesso modo i valori di a_g agli SLU dinamici, calcolati secondo “Norme tecniche per le costruzioni” (e riportati nei successivi paragrafi) per le coordinate che identificano il sito ovvero lat. 45.125° e long. 8.909° , risultano compresi nel range $0.05 < a_g \leq 0.15g$ relativo alla zona sismica 3 (Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Allegato al Voto n.36 del 27.07.2007 – “Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale”).

PR	CM	COMUNE	INTERVALLO	Valori soglia			
				B	C	D	E
18	147	SCALDASOLE	0.1 - 0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
18	147	SCALDASOLE	0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

14.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Per quanto riguarda la determinazione della categoria di sottosuolo il D.M. 17.01.18 prevede una classificazione in cinque categorie principali riportate nella tabella 3.2.II (fig. 22) definite in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,eq}$ corrispondente alla velocità media di propagazione delle onde sismiche di taglio a partire dal piano di fondazione (per fondazioni superficiali e per muri di sostegno di terrapieni), dalla testa dei pali o dalla testa dell'opera (per opere di sostegno di terreni naturali), fino alla profondità del substrato sismico, definito come quella formazione caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità di tale substrato superiore a 30m la velocità equivalente $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, considerando le proprietà degli strati di terreno fino alla profondità di 30m.

L'espressione per la determinazione della velocità equivalente $V_{s,eq}$ è la seguente:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_i}}$$

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo
 V_i = Velocità dell'onda di taglio i-esima
 N = Numero di strati
 H = Profondità del substrato sismico con $V_s > 800$ m/s

Per il sito in esame la categoria di sottosuolo è stata determinata tramite i dati ottenuti dagli stendimenti sismici con metodologia M.A.S.W. eseguito.

Dall'elaborazione di tali dati il terreno presenta per la linea eseguita, valore delle $V_{s,eq}$ pari a 251 m/s per la MASW 1 e 271 m/s per la MASW 2 riferito all'attuale piano campagna ed esso risulta pertanto classificabile in categoria C "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti", con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

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

Figura 22: Tabella 3.2.II “Categorie di sottosuolo” – D.M. 17.01.18.

Al fine di determinare i valori di F_a dal punto di vista degli effetti litologici, sono stati utilizzati i risultati emersi dall'esecuzione dello stendimento geofisico con metodo M.A.S.W. e le apposite schede messe a disposizione dalla Regione Lombardia. Con tale indagine si è calcolato il valore di F_a (fattore di amplificazione) da confrontare con i limiti di riferimento indicati dalla Regione Lombardia.

Sulla base di parametri geotecnici e litologici, si individua la litologia prevalente del sito e da questa si sceglie la relativa scheda di riferimento riportata nella D.G.R. 8/7374 del 28 Maggio 2008. Nello specifico la normativa regionale riporta 6 tipi di schede litologiche:

- scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- scheda per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2)
- scheda per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2)
- scheda per le litologie sabbiose (da utilizzarsi in zone di pianura)

Si riportano, nell'apposito diagramma, i valori delle V_s relative ad ogni strato. Tale sovrapposizione permette di verificare se si rientra o meno nel campo di validità della scheda di riferimento. I dati ottenuti in campagna e riportati nella tabella vengono inseriti all'interno della scheda relativa al grafico per “litologia sabbiosa”.

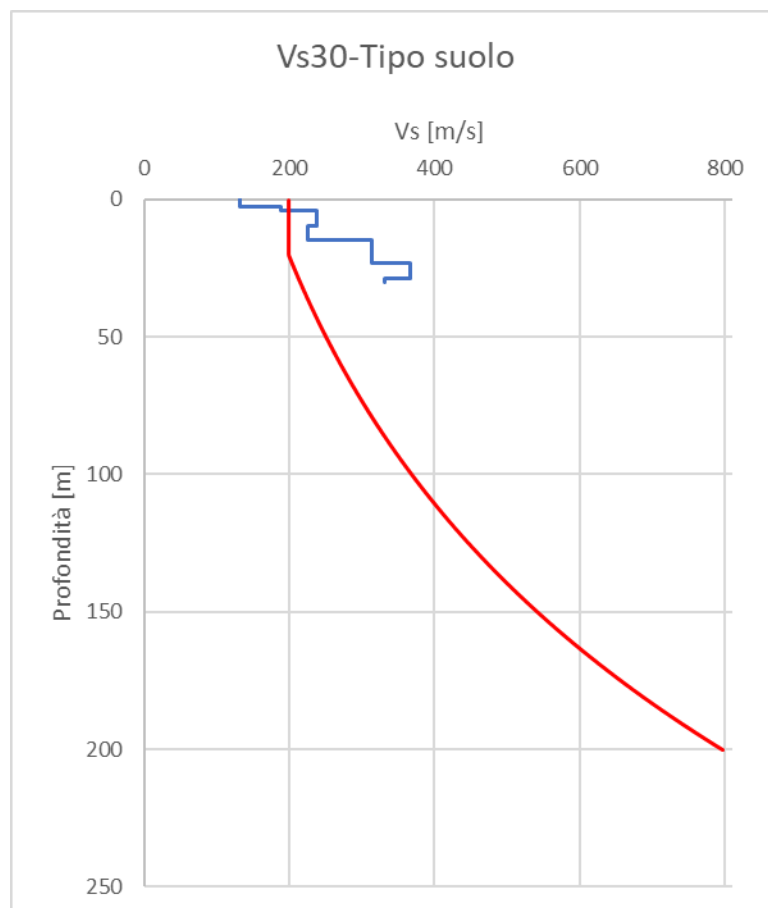


Figura 23: **MASW 1-** Grafico relativo alla “litologia sabbiosa” a cui sono stati sovrapposti i valori parziali di ogni intervallo in base alle V_s .

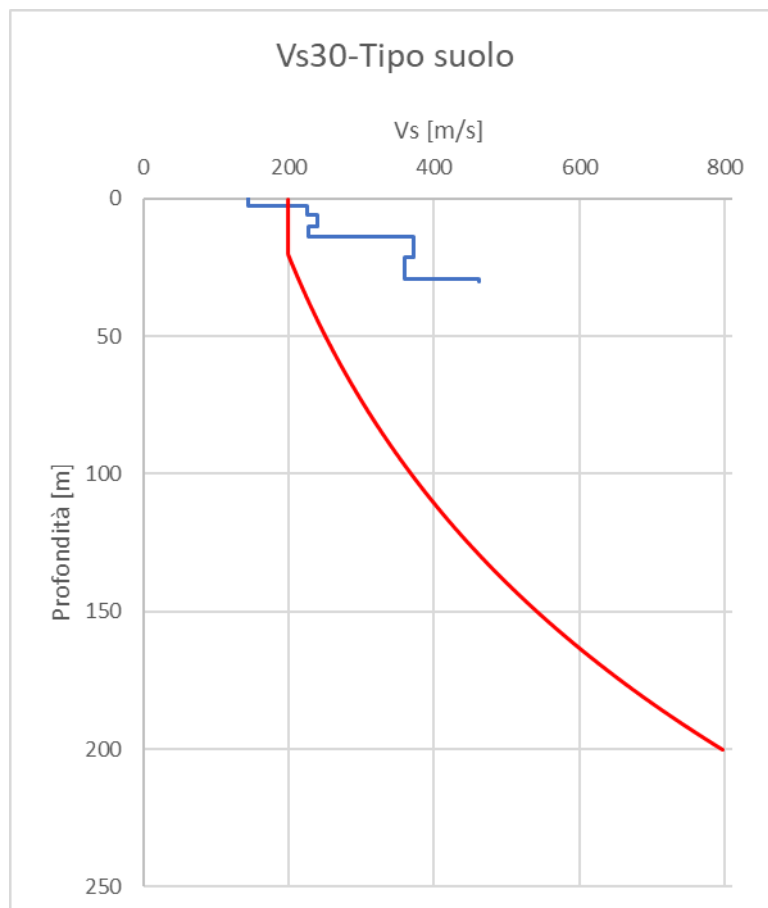


Figura 24: **MASW 2-** Grafico relativo alla “litologia sabbiosa” a cui sono stati sovrapposti i valori parziali di ogni intervallo in base alle V_s .

Come è possibile osservare l’andamento delle V_s è posizionato al di “sopra” della linea rossa che divide il campo di validità dal campo di non validità. Il fatto che questa scheda litologica soddisfi questo primo “vincolo” comporta che i valori delle V_s ricavati siano correlabili con la relativa scheda di riferimento per “litologia sabbiosa”.

Ottenuta la velocità del primo strato ed il relativo spessore, si riportano questi valori all’interno dell’abaco al fine di ricavare il colore della curva da utilizzare per ottenere il valore di F_a . Tale parametro (F_a) verrà confrontato con quello riportato in bibliografia in funzione della struttura da realizzare: intervallo 0.1-0.5 s - riferito a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide e intervallo 0.5-1.5 s - riferito a strutture più alte e flessibili.

Per utilizzare correttamente l’abaco sottoriportato come vincolo viene posto che il primo strato debba avere almeno 4 m di spessore con velocità di almeno 200 m/s. Se tale condizione non fosse soddisfatta è necessario calcolare la media pesata delle velocità delle V_s di almeno i primi 4.0 metri di terreno, tenendo in dovuta considerazione gli spessori parziali con le rispettive velocità delle onde di taglio.

		SABBIOSA																					
		Profondità primo strato (m)																					
		1-3	4	5-12	13	14	15	16	1	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180
Velocità primo strato [m]	200		2	1-2	2	3	3	3	3	3	3												
	250		2	1-2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA								
	300		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA						
	350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	NA	NA	NA					
	400		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA				
	450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA			
	500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA		
	600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	
	700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Abaco che permette di individuare, in base al colore, la curva di riferimento per l'individuazione di F_a , grazie all'intersezione della profondità raggiunta dal primo strato e la sua velocità.

Nel caso in esame è stata calcolata una media pesata nei primi 10.9 metri da attribuire al “primo” strato, individuando così una velocità delle onde di 232 m/s da approssimare al valore di 200 m/s. Intersecando il valore di velocità riscontrata con la profondità sopra indicata, si ricade nel campo 2, che corrisponde alla curva verde di fig. 25-26 e di fig. 27-28 (il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1, non presente nel caso in esame, ovvero la presenza di uno strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media V_s minore o uguale a 300 m/s poggiante su strato con velocità maggiore di 500 m/s).

Con i valori sopra ottenuti si calcola il periodo “T” relativo al sito. Nel nostro caso la velocità verificata dall'indagine M.A.S.W. non raggiunge mai gli 800 m/s come previsto dalla metodologia per il calcolo di F_a : di conseguenza, in funzione delle condizioni stratigrafico-sismiche dell'area è stato ipotizzato un gradiente di velocità delle onde aumentante gradualmente con la profondità fino a raggiungere gli 800 m/s. Gli spessori così ottenuti e le relative velocità servono per ottenere il periodo T. Per la sua determinazione si utilizza l'equazione di pagine seguente.

Errore. Non si possono creare oggetti dalla modifica di codici di campo.

dove: h_i = spessore in metri dello strato i-esimo; V_i = velocità dell'onda di taglio i-esima.

Stendimento sismico	Valore del periodo T calcolato
L1	0.44 s
L2	0.40 s

Conoscendo la velocità del primo strato, la curva di riferimento ed il valore del periodo T calcolato, si può risalire al valore di F_a utilizzando gli abachi di riferimento per la litologia sabbiosa e riferiti rispettivamente ad edifici bassi ed ad edifici alti.

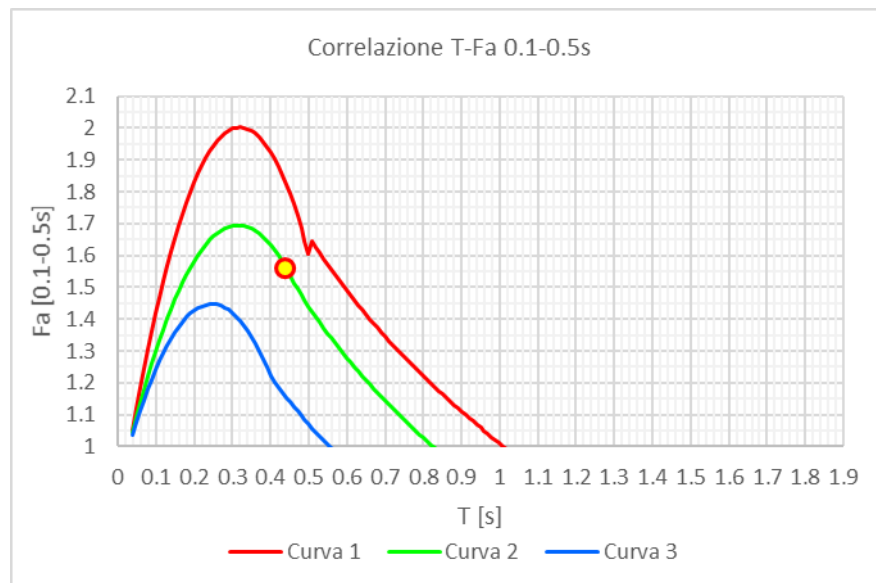


Figura 25: **MASW 1** Abaco di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare F_a sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi).

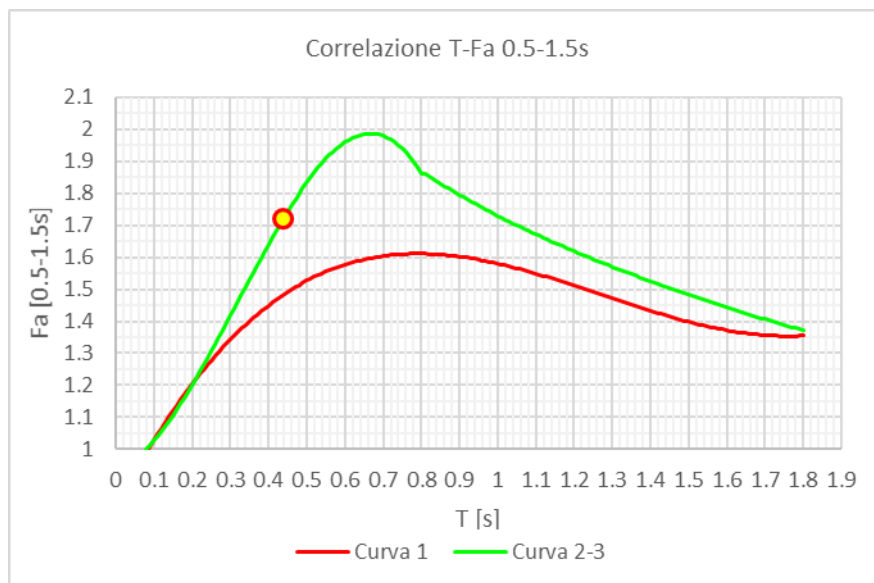


Figura 26: **MASW 1** Abaco di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare F_a sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti).

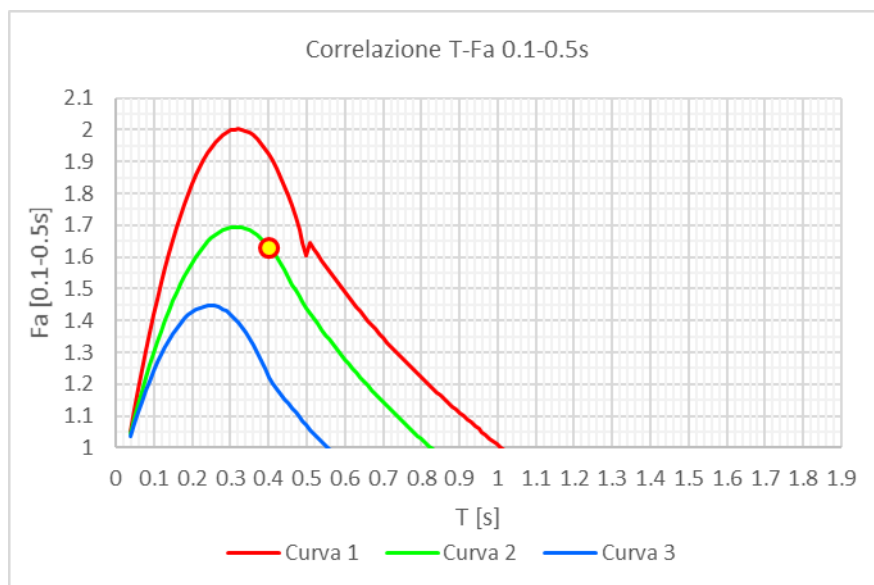


Figura 27: **MASW 2** Abaco di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare F_a sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)

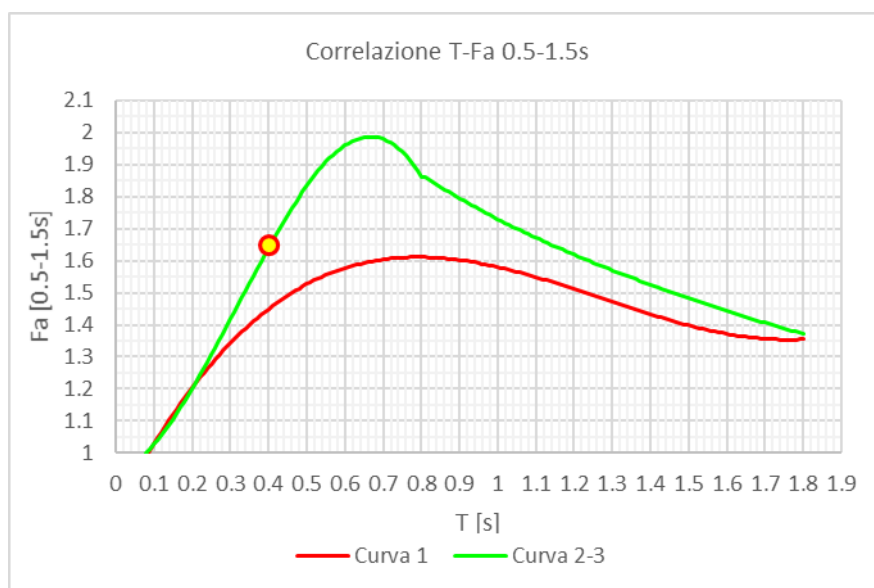


Figure 28: **MASW 2** Abaco di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare F_a sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti).

La procedura prevede di stimare F_a con le schede di valutazione sopra riportate e di confrontarlo con il corrispettivo valore di soglia, considerando una variabilità di $\pm 0,1$, che tiene conto la variabilità del valore di F_a ottenuto.

Per la MASW 1 dagli abachi emerge come il valore attribuito al periodo ($T = 0.44$), identificati sulla curva verde un valore di F_a pari a 1.56 per edifici bassi (F_a di riferimento per i terreni di tipo $C = 1.8$) e F_a 1.72 per edifici alti (F_a di riferimento per i terreni di tipo $C = 2.4$).

Per la MASW 2 dagli abachi emerge come il valore attribuito al periodo ($T = 0.40$), identificati sulla curva verde un valore di F_a pari a 1.63 per edifici bassi (F_a di riferimento per i terreni di tipo $C = 1.8$) e F_a 1.65 per edifici alti (F_a di riferimento per i terreni di tipo $C = 2.4$).

Ne deriva che, sia nel caso di edifici bassi che caso di edifici alti, il valore di F_a calcolato e riferito alla categoria di suolo C è inferiore al valore di riferimento, pertanto lo spettro proposto dalla normativa per suoli di tipo C risulta sufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

Le tabelle sottostanti riportano i valori di F_a relativi, nel primo caso ad edifici bassi (max. 4 piani), nel secondo caso ad edifici alti e flessibili (5 o più piani) per ogni tipo di suolo individuato dalla Regione Lombardia per il comune di Scaldasole.

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 – 0.5 S					
Comune	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo	Suolo tipo	Suolo tipo	Suolo tipo
		B	C	D	E
Scaldasole	3	1.4	1.8	2.2	2.0

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 – 1.5 S					
Comune	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo	Suolo tipo	Suolo tipo	Suolo tipo
		B	C	D	E
Scaldasole	3	1.7	2.4	4.2	3.1

15. CARATTERIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

La pericolosità sismica, in senso probabilistico, è la probabilità che un valore prefissato di pericolosità, espresso da un parametro di moto sismico al suolo (ad esempio l'accelerazione massima) o da un grado di intensità macrosismica, venga superato in un sito dato (o in un insieme di siti) entro un dato periodo di tempo.

Il valore di pericolosità sismica è associato al valore di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g .

Nel 2004 è stata elaborata la nuova mappa di pericolosità sismica del territorio italiano. La mappa definisce localmente i livelli di accelerazione massima su suolo roccioso (suolo di categoria A, $V_{s30} > 800$ m/s) con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni, ovvero un periodo di ritorno pari a 475 anni.

Questa mappa è stata elaborata basandosi:

- sulla “carta di zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS9”;
- sull'uso di relazioni di attenuazione (Ambrayses et al., 1996; Sabetta e Pugliese, 1996) modificate per tenere conto dei meccanismi di fagliazione prevalenti nelle diverse ZS, secondo i fattori correttivi determinati da Bommer et al. (2003);
- sull'approccio probabilistico alla Cornell per ricostruire la storia sismica di un sito;
- su una struttura ad albero logico che tenga conto delle principali alternative decisionali, quali la relazione di attenuazione adottata, la modalità di valutazione dei periodi di completezza del catalogo, il calcolo dei tassi di sismicità, la magnitudo massima per le diverse ZS.

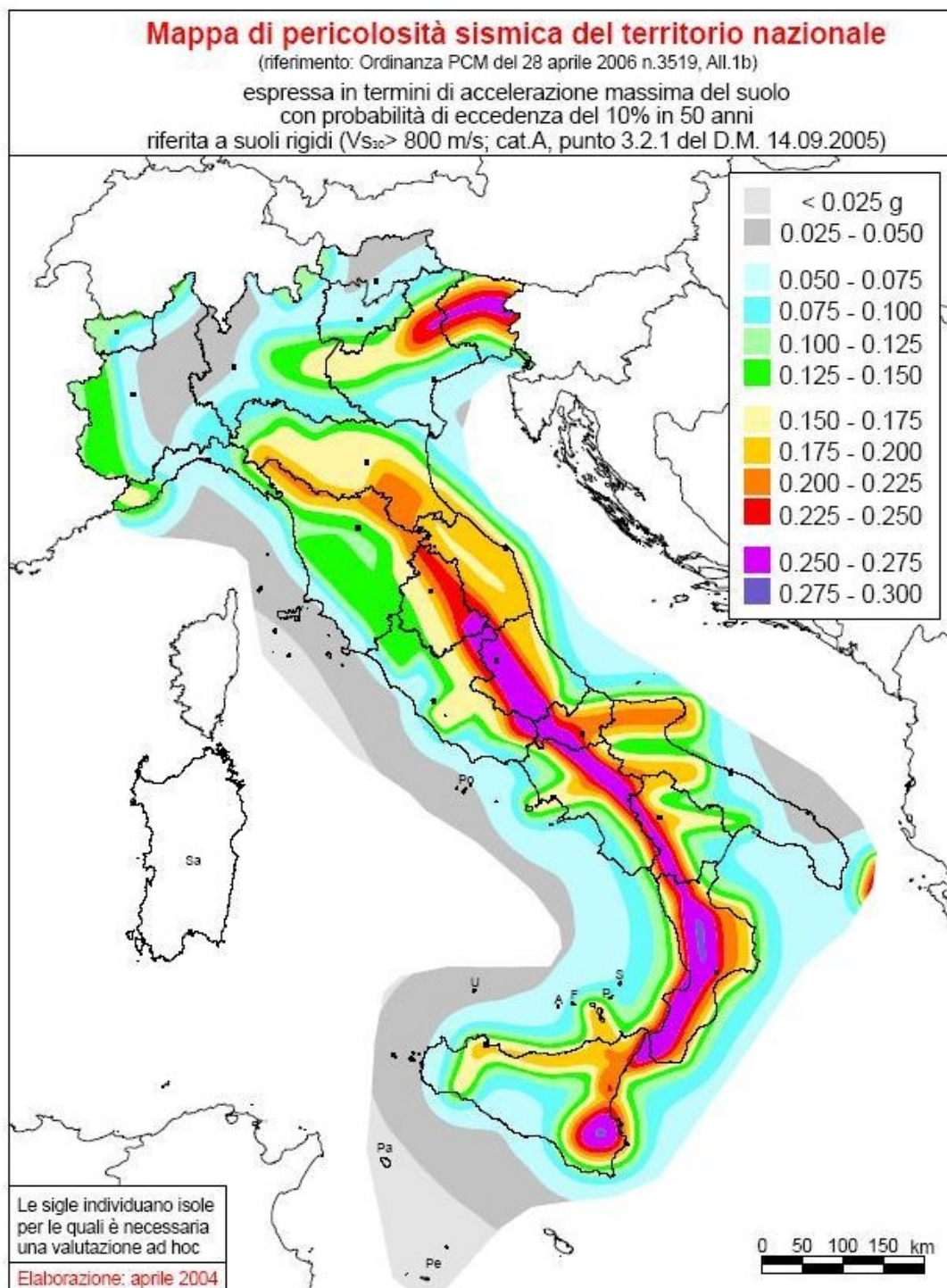


Figura 29- Mapa di pericolosità sismica del territorio italiano (2004)

Il Comune di Scaldasole, in questa mappa, è inserito nella zona caratterizzata da un valore di a_g compreso tra 0.050g e 0.075g.

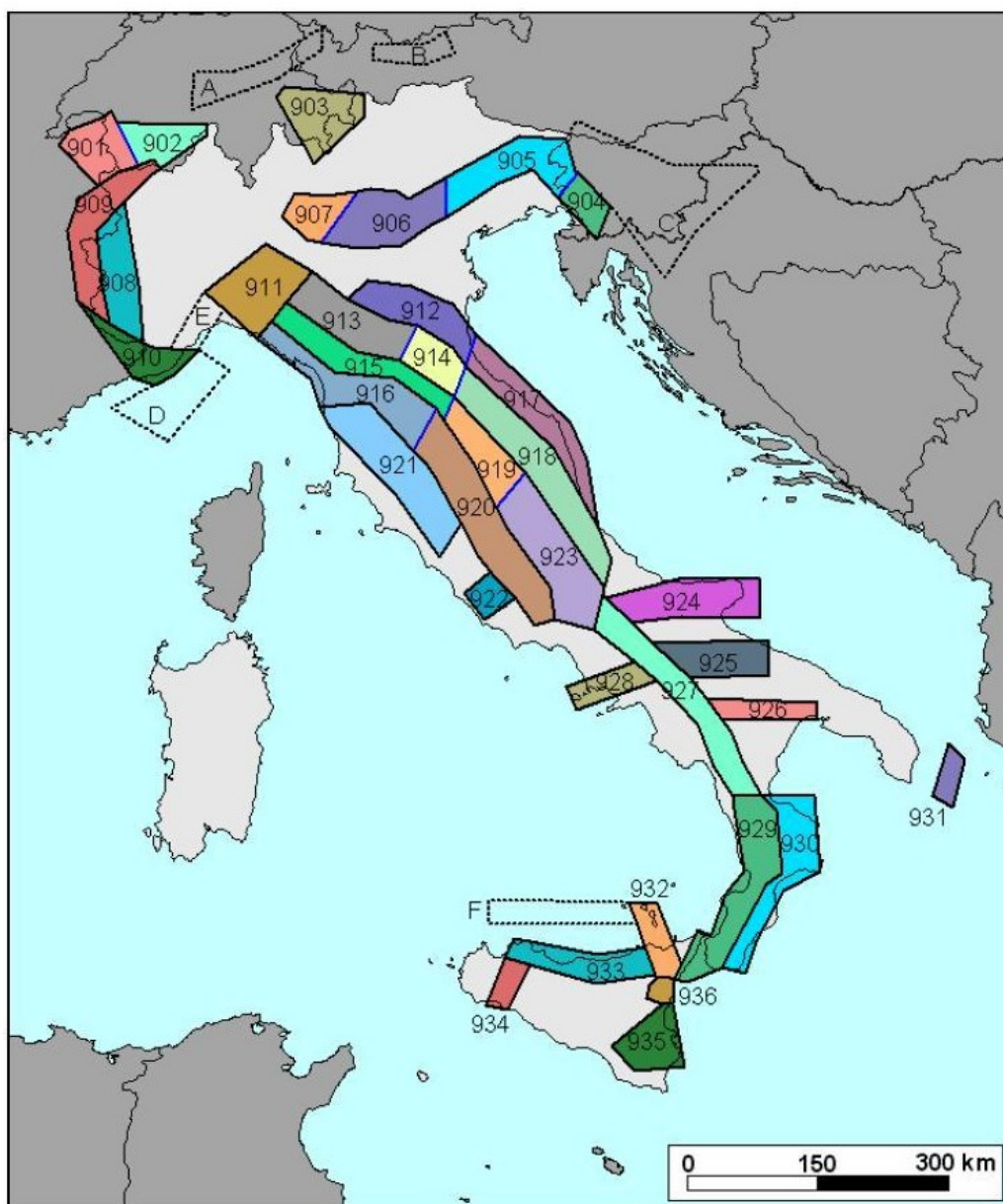


Figura 30- Zonazione sismogenetica del territorio italiano, ZS9 (Gruppo di Lavoro, 2004)

Nella “Zonazione sismogenetica ZS9” compilata dal Gruppo di Lavoro (2004) il Comune di Scaldasole non è inserito in alcuna zona.

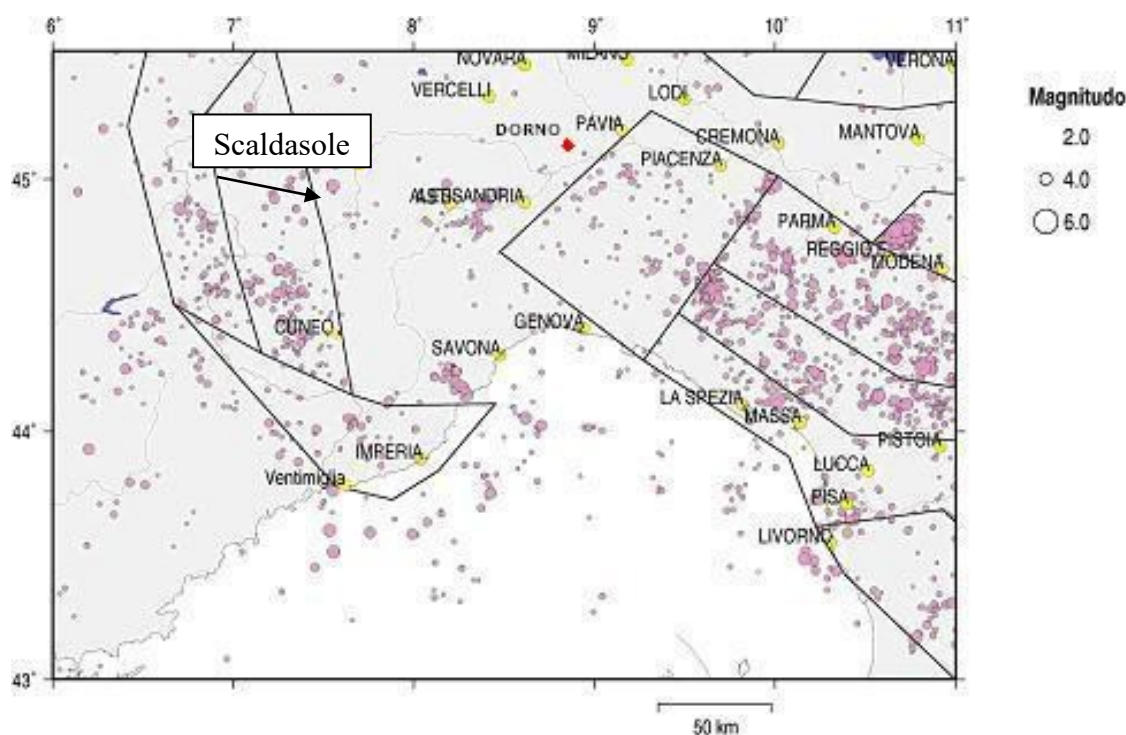


Figura 31 Zonazione sismogenetica del territorio italiano, ZS9 (Gruppo di Lavoro, 2004) e sismicità strumentale contenuta nel Bollettino Sismico dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (anni 1983-2001)

Dalla consultazione del database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia di danno (DOM4.1; Monachesi e Stucchi, 2000), non risultano registrazioni di alcun evento nella zona di Dorno; le registrazioni nelle località di Pavia, Garlasco, Vigevano, Voghera e Stradella riportano eventi con intensità massima pari a 7.0 (I MCS); sulla base di queste informazioni, considerando l'attenuazione del moto sismico con la distanza, la sismicità può quindi essere definita di moderata entità.

Una relazione d'attenuazione del moto sismico è la relazione di Ambraseys et al. (1996). Tale relazione è stata ottenuta con registrazioni di terremoti di area europea e medio-orientale e calcola il massimo valore della PGA (o dell'accelerazione spettrale per un periodo T) per le due componenti orizzontali del moto data una distanza ed una magnitudo. A tale relazione vengono applicate delle correzioni in funzione del fatto che come distanza viene considerata quella dalla proiezione in superficie della faglia per terremoti con $MS \geq 6.0$, e la distanza epicentrale per quelli più deboli: la prima è sempre minore o al massimo uguale alla distanza epicentrale, portando quindi ad una sottostima dello scuotimento; viene anche introdotta una correzione dovuta al fatto che, a parità di magnitudo, terremoti generati in ambienti compressivi producono scuotimenti maggiori rispetto a quelli che si osservano in contesti distensivi.

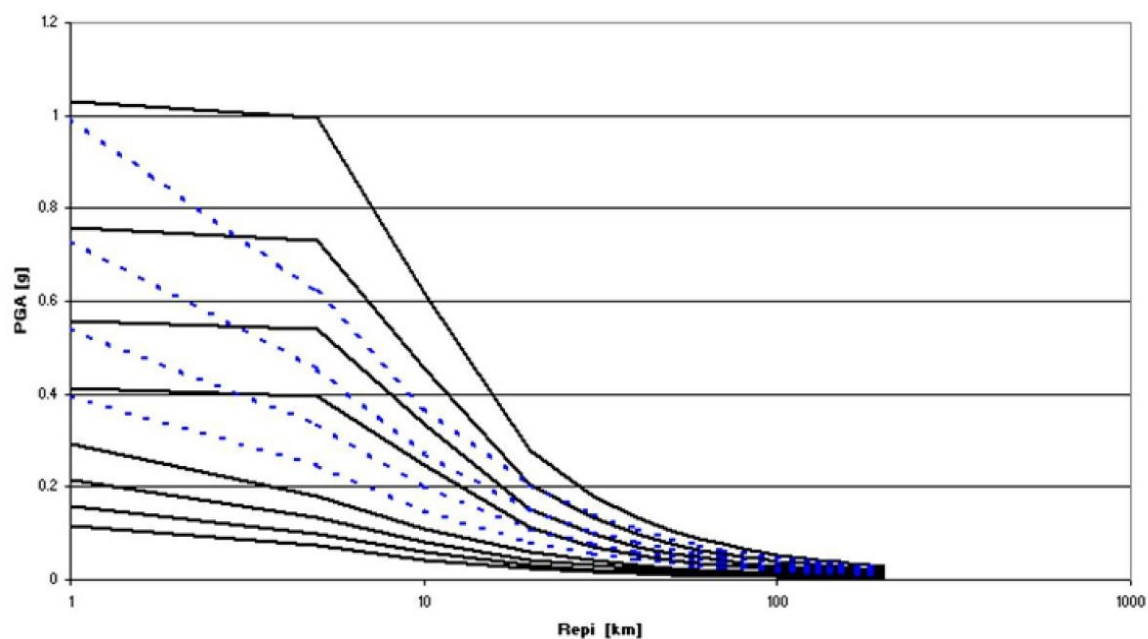


Figura 32- Curve di attenuazione di Ambrayeses et al. (1996) corrette per le distanze: in nero le curve corrette (per $4.0 < M_S < 7.5$), in blu a tratteggio le curve non modificate

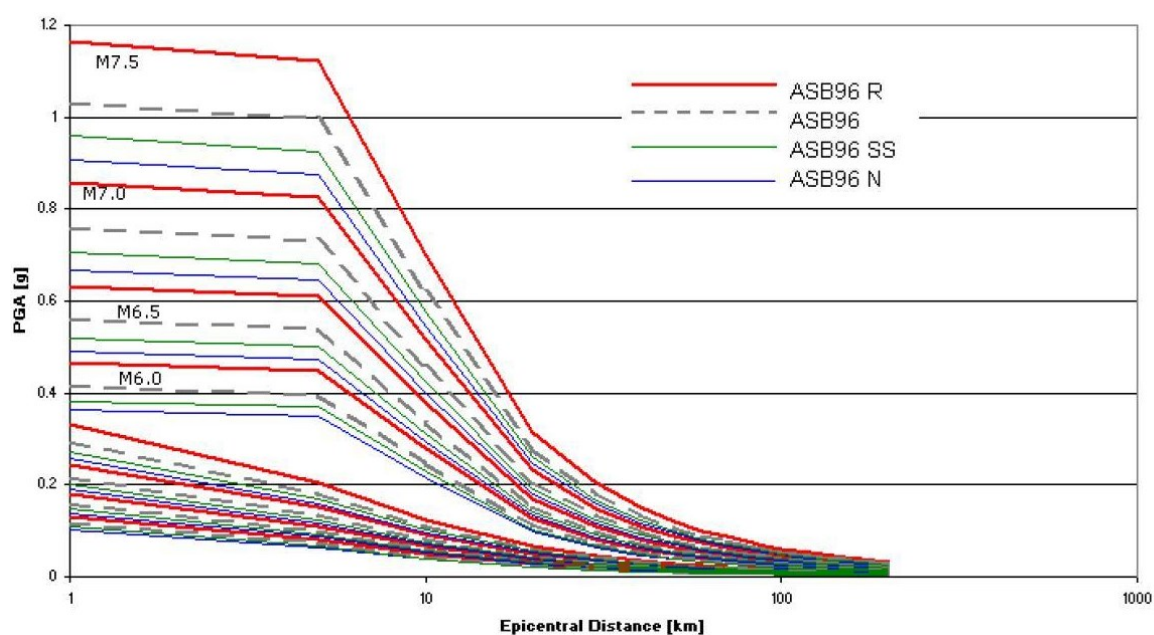
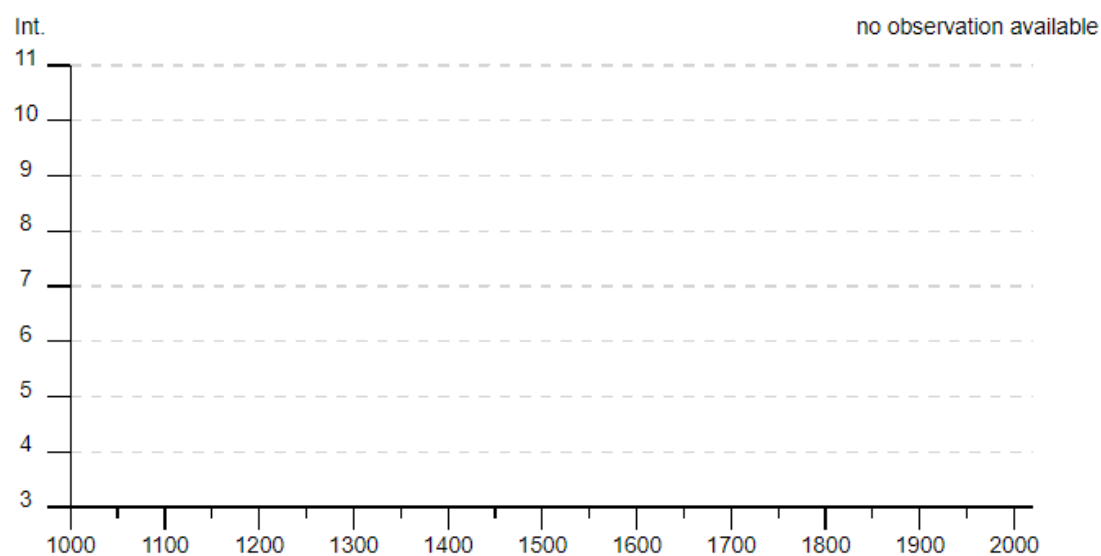


Figura 33 Curve di attenuazione di Ambrayeses et al. (1996) (ASB96) in funzione del meccanismo di fagliazione prevalente: a tratteggio la curva di attenuazione media, in rosso la correzione per le faglie inverse (R), in verde per le faglie trascorrenti (SS) e in blu per le faglie normali (N)

Scaldasole

PlaceID	IT_18143
Coordinate (lat, lon)	45.125, 8.909
Comune (ISTAT 2015)	Scaldasole
Provincia	Pavia
Regione	Lombardia
Numero di eventi riportati	1

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	📅 1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26



► Personalizza il diagramma

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Sannazzaro de' Burgondi	3	2
Ferrera Erbognone	2	4
Pieve Albignola	2	4
Dorno	1	5
Valeggio	2	5
Alagna	2	5
Ottobiano	3	7
Garlasco	8	8
Corana	2	9
Gropello Cairoli	5	9
Mezzana Bigli	3	9
Lomello	2	9
Cornale	1	9
Zinasco (Zinasco Vecchio)	4	9
Bastida de' Dossi	1	10
Silvano Pietra	1	10
Tromello	1	10

Figura34:Dati desunti dalla consultazione del CPTI15 e DBMI15 per l'area di Scaldasole

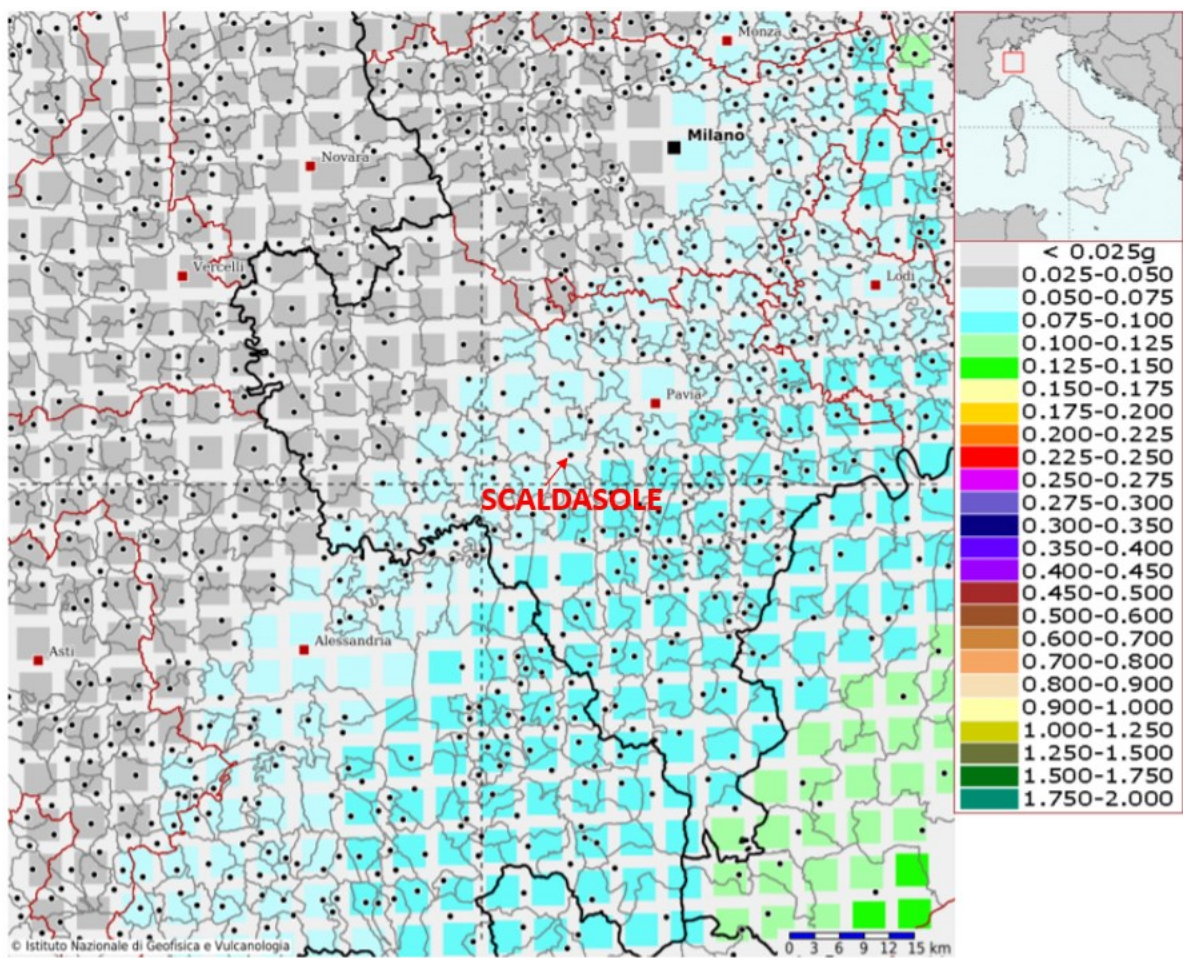


Figura 35-Mappa interattiva pericolosità sismica

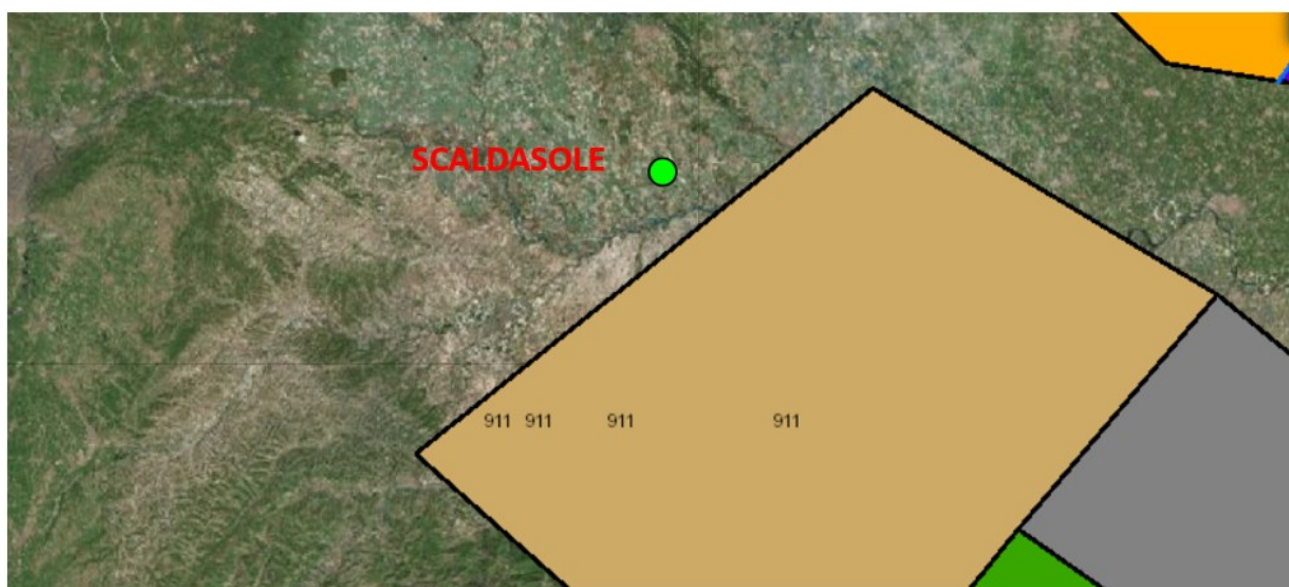


Figura 36:Zonazione sismogenetica ZS9, dove l'area d'interesse è evidenziata da un cerchio verde.

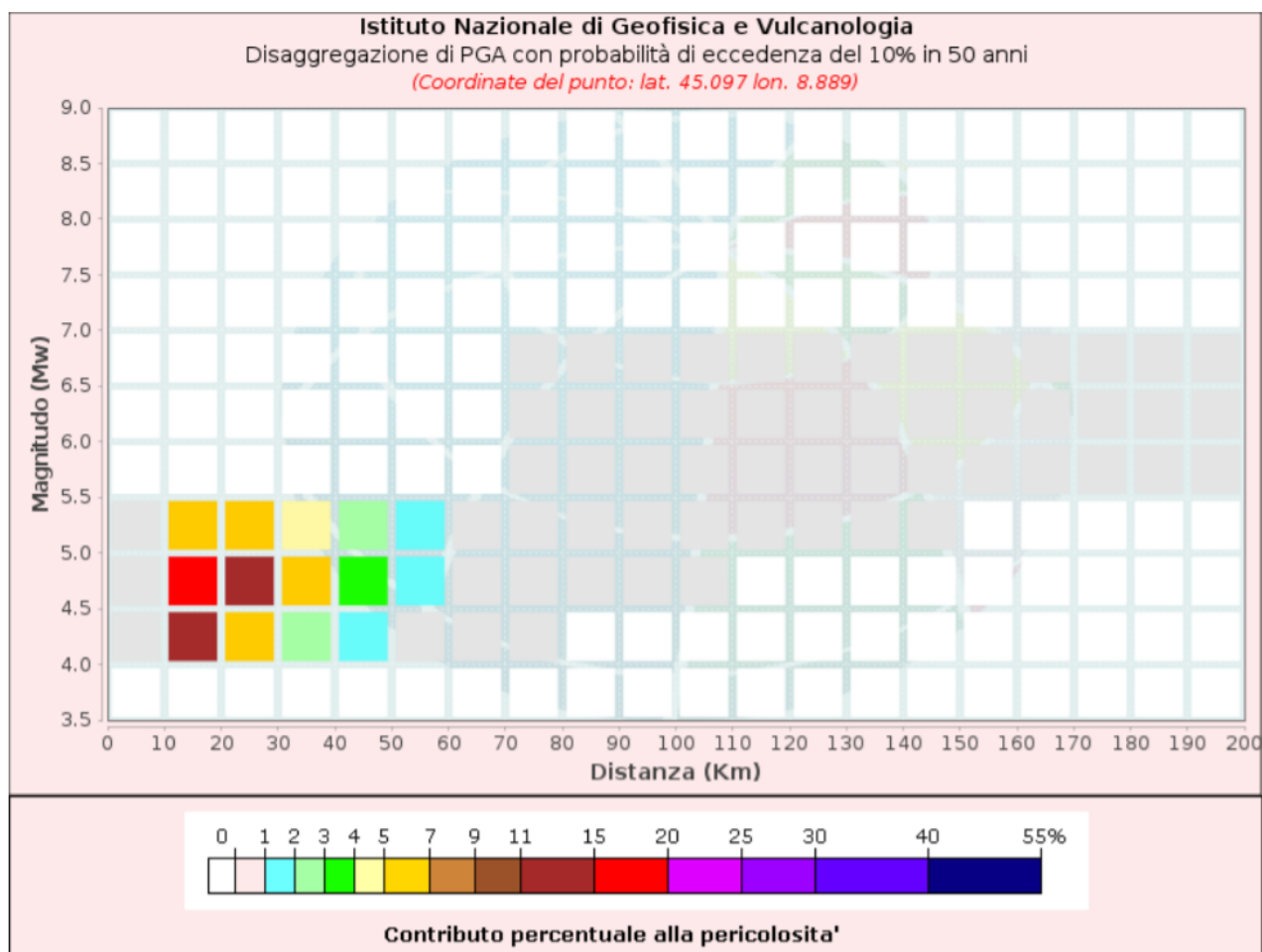
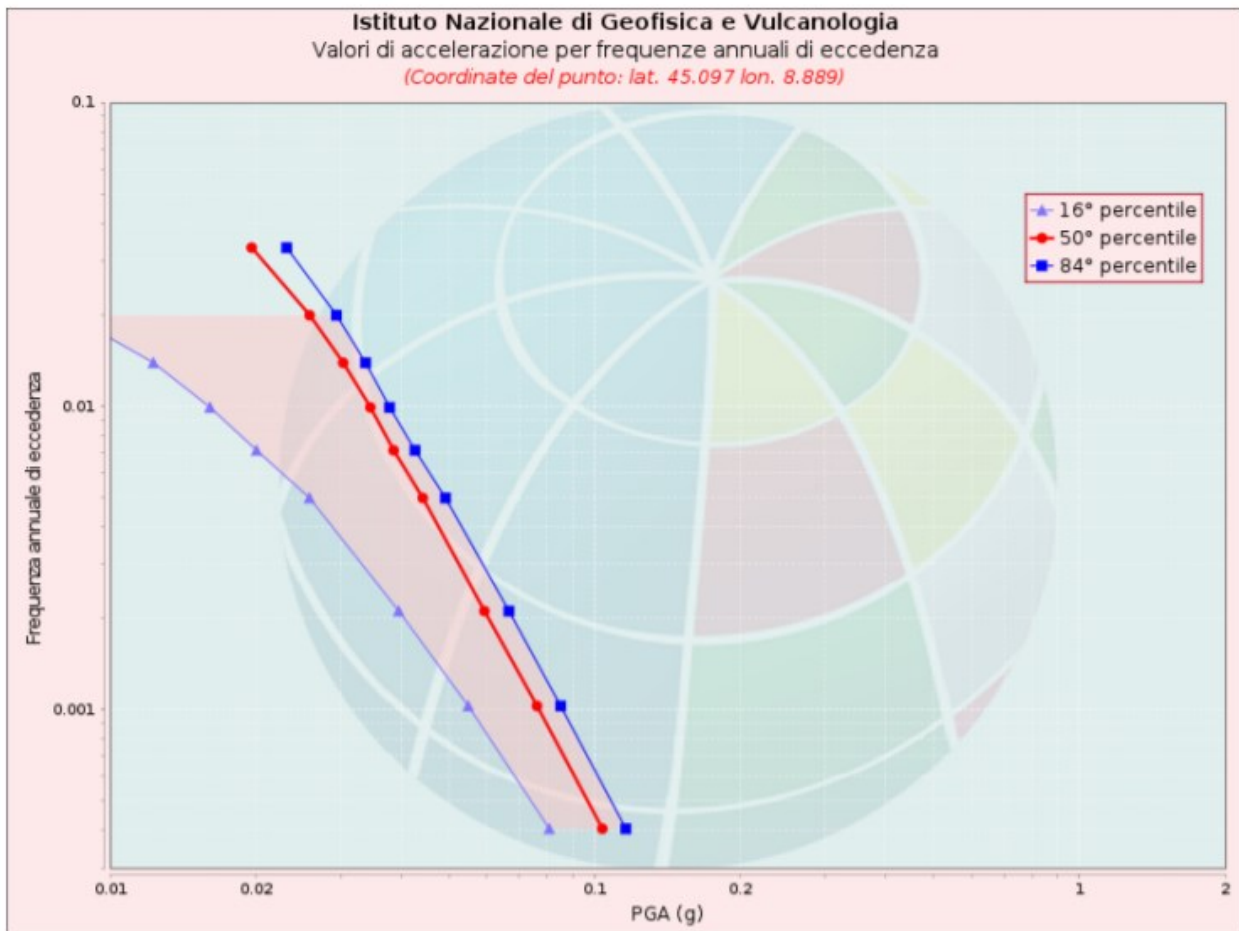
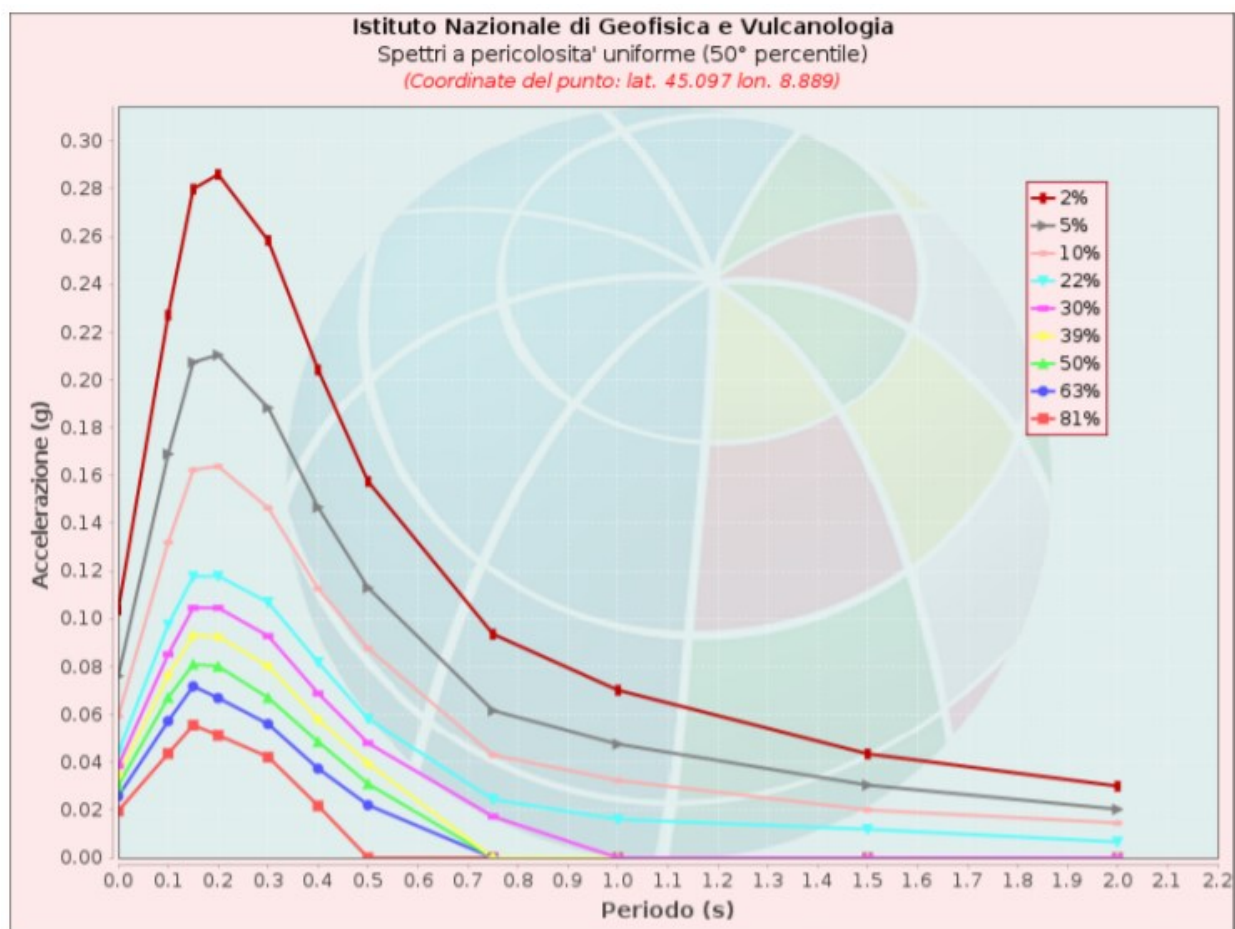


Figura 37-Mappa disaggregazione dati



Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza			
Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.081	0.104	0.116
0.0010	0.055	0.076	0.085
0.0021	0.039	0.059	0.067
0.0050	0.026	0.044	0.049
0.0071	0.020	0.039	0.043
0.0099	0.016	0.034	0.038
0.0139	0.012	0.030	0.034
0.0199	0.008	0.026	0.029
0.0332	0.000	0.020	0.023

Figura 38: Curve di pericolosità



Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE	Accelerazione (g)										
in 50	Periodo (s)										
anni	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.104	0.227	0.280	0.286	0.258	0.204	0.158	0.094	0.070	0.044	0.030
5%	0.076	0.169	0.207	0.210	0.188	0.147	0.113	0.062	0.048	0.030	0.020
10%	0.059	0.132	0.162	0.164	0.146	0.113	0.088	0.043	0.032	0.020	0.015
22%	0.044	0.098	0.118	0.118	0.107	0.082	0.058	0.024	0.016	0.012	0.007
30%	0.039	0.085	0.105	0.105	0.093	0.069	0.048	0.017	0.000	0.000	0.000
39%	0.034	0.076	0.093	0.093	0.080	0.058	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	0.030	0.067	0.081	0.080	0.067	0.049	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000
63%	0.026	0.057	0.072	0.067	0.056	0.037	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000
81%	0.020	0.044	0.055	0.051	0.042	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 39: Spettri a pericolosità uniforme

16. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC18, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC18 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC18 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC18:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

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

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

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC18 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella, contenuta nell'**Allegato B** delle NTC18, per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

ID	LON	LAT	$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 72$			$T_R = 101$		
			a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC18, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{VR} fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Figura 4.1), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC18:

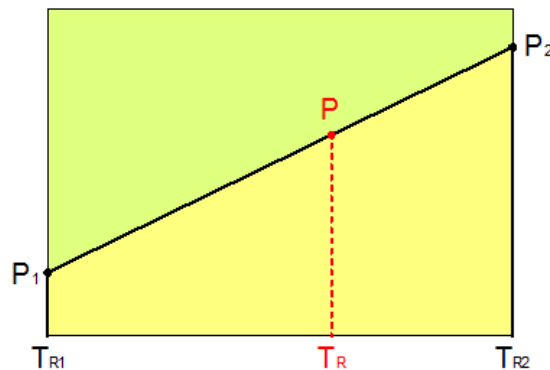
$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g, F_o, T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre $p_1, 2$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno $T_{R1}, 2$.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC18:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g, F_o, T_C^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.



Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC18.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Figura seguente

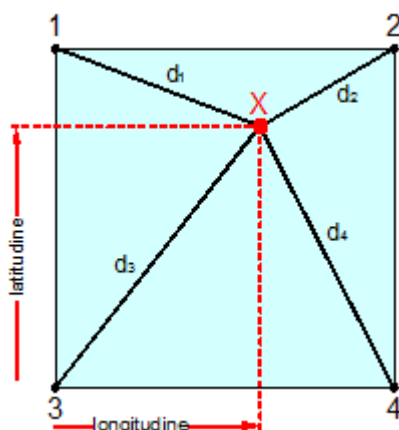


Figura 40- Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC18.

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC18, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (4.3)$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $\text{lat}\alpha$, $\text{lon}\alpha$, $\text{lat}\beta$ e $\text{lon}\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01g$ ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

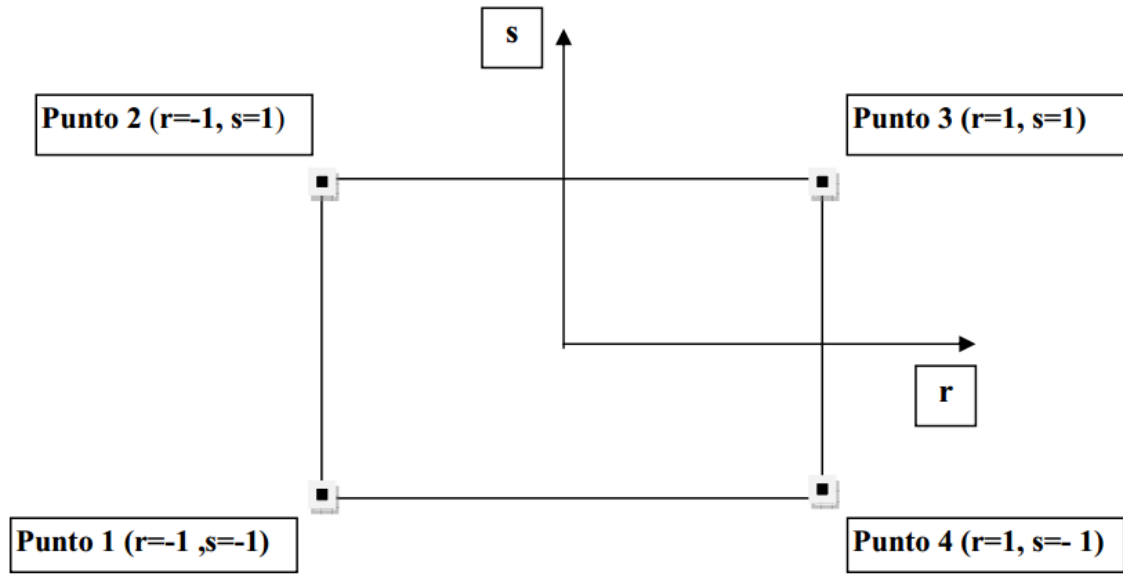


Figura 1 - Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1-r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1-r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1+r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1+r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot x_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot x_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot x_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot x_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot y_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot y_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot y_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot y_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s , si determinano i parametri a_g, F_0, T_c^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot p_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot p_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot p_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot p_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot p_4] \quad (4.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

16.1 COEFFICIENTI SISMICI

I coefficienti sismici orizzontale K_h e verticale K_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

16.2 STABILITÀ DEI PENDII E FONDAZIONI

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti K_h e K_v sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \quad (5.2)$$

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h \quad (5.3)$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 5.1.

Categoria di sottosuolo		
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tabella 5.1- Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.4)$$

SS (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_S \leq 1.80$) è funzione di F0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

ST (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

$$\mathbf{T1: S_T = 1.0; T2: S_T = 1.20; T3: S_T = 1.2; T4: S_T = 1.40.}$$

16.3 MURI DI SOSTEGNO

Per i muri di sostegno pendii i coefficienti K_h e K_v sono così determinati:

$$K_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.5)$$

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h \quad (5.6)$$

Con:

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario altrimenti assume i valori riportati nella Tabella 5.2.

Categoria di sottosuolo		
	A	B, C, D, E
	β_m	B_m
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.31	0.31
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.29	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.18

Tabella 5.2 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.7)$$

S è il coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica S_S e di amplificazione topografica S_T .

a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

16.4 PARATIE

In mancanza di studi specifici, a_h (accelerazione orizzontale) può essere legata all'accelerazione di picco a_{max} attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = K_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max} \quad (5.8)$$

dove:

g è l'accelerazione di gravità;

K_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;

$\alpha \leq 1$ è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera.

Può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva H della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma in Figura 5.1:

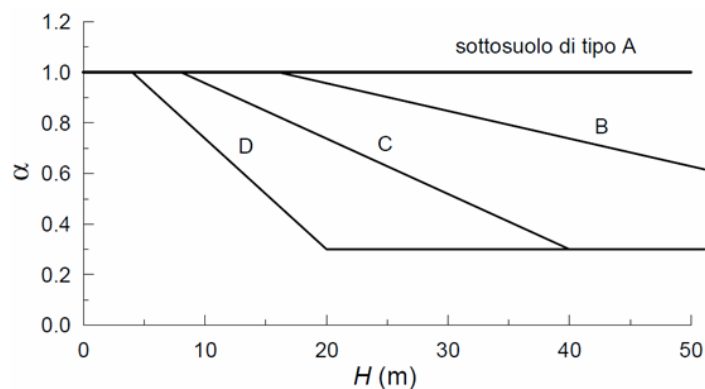


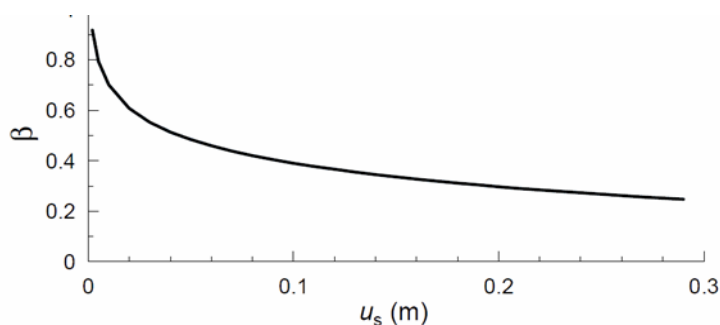
Figura 2

Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α .

Per la valutazione della spinta nelle condizioni di equilibrio limite passivo deve porsi $\alpha = 1$.

$\beta \leq 1$ è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza cadute di resistenza. Il valore del coefficiente β può essere ricavato dal diagramma riportato in Figura, in funzione del massimo spostamento u_s che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

Per $u_s = 0$ si ha $\beta = 1$; $u_s \leq 0.005 \cdot H$



- Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

L'accelerazione di picco $a_{\max}$ è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero come

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.9)$$

dove:

S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Se $\alpha \cdot \beta \leq 0.2$ deve assumersi $K_h = 0.2 \cdot a_{\max} / g$

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa

corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

17. CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE IN FUNZIONE DEGLI EFFETTI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Nell'ambito dell'aggiornamento degli studi geologici relativamente alla componente sismica, è stata realizzata una “Carta della pericolosità sismica locale” del Comune di Scaldasole, nella quale sono individuate le aree passibili di amplificazione sismica, sulla base di osservazioni geologiche e di dati esistenti.

Gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile 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 (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Nella “Carta della pericolosità sismica locale”, secondo le direttive della “Deliberazione della Giunta Regione Lombardia 28 maggio 2008 n. 8/7374”, deve essere riportata la perimetrazione areale (e lineare per gli scenari Z3a, Z3b e Z5) delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree di Pericolosità Sismica Locale - PSL).

Nell'area Comune di Scaldasole è presente un'unica tipologia di scenario:

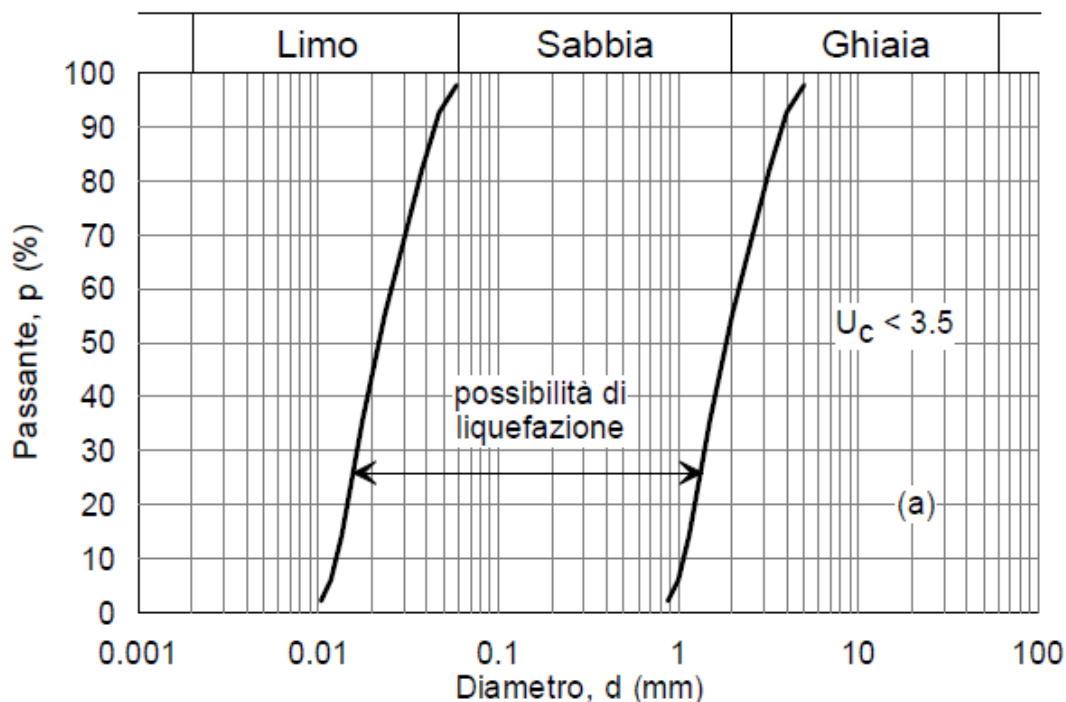
- * **Z4a**: zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.

18. LIQUEFAZIONE

Secondo le norme NTC 2018 la verifica alla liquefazione può essere omessa nel caso si verifichino una delle seguenti condizioni:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

La verifica è omessa in quanto ag nel comune di Scaldasole è minore di $0,1g$



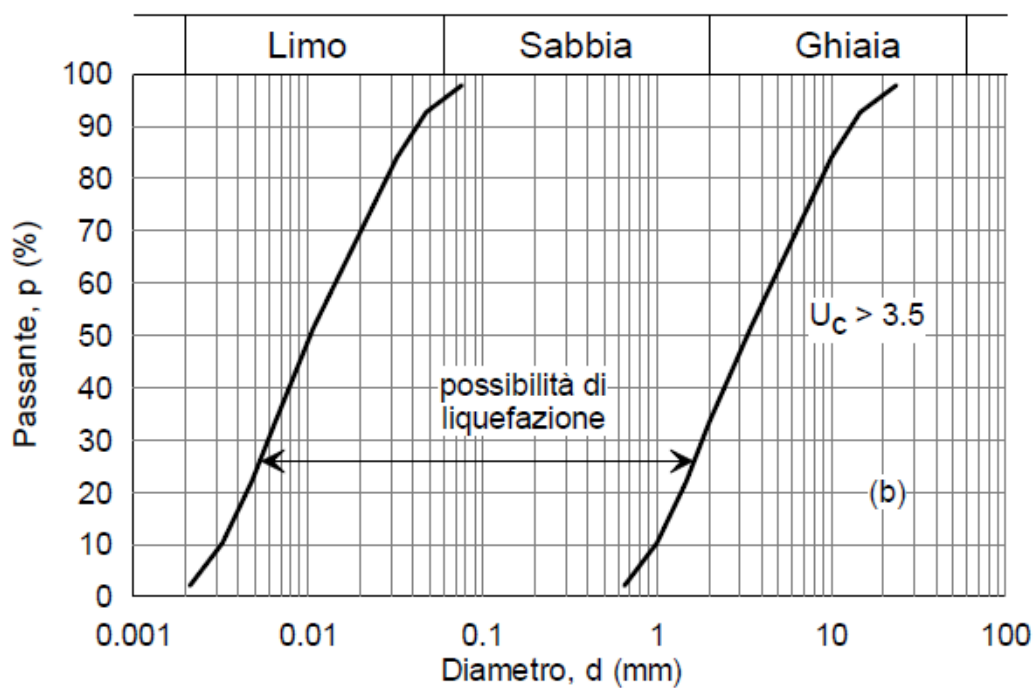
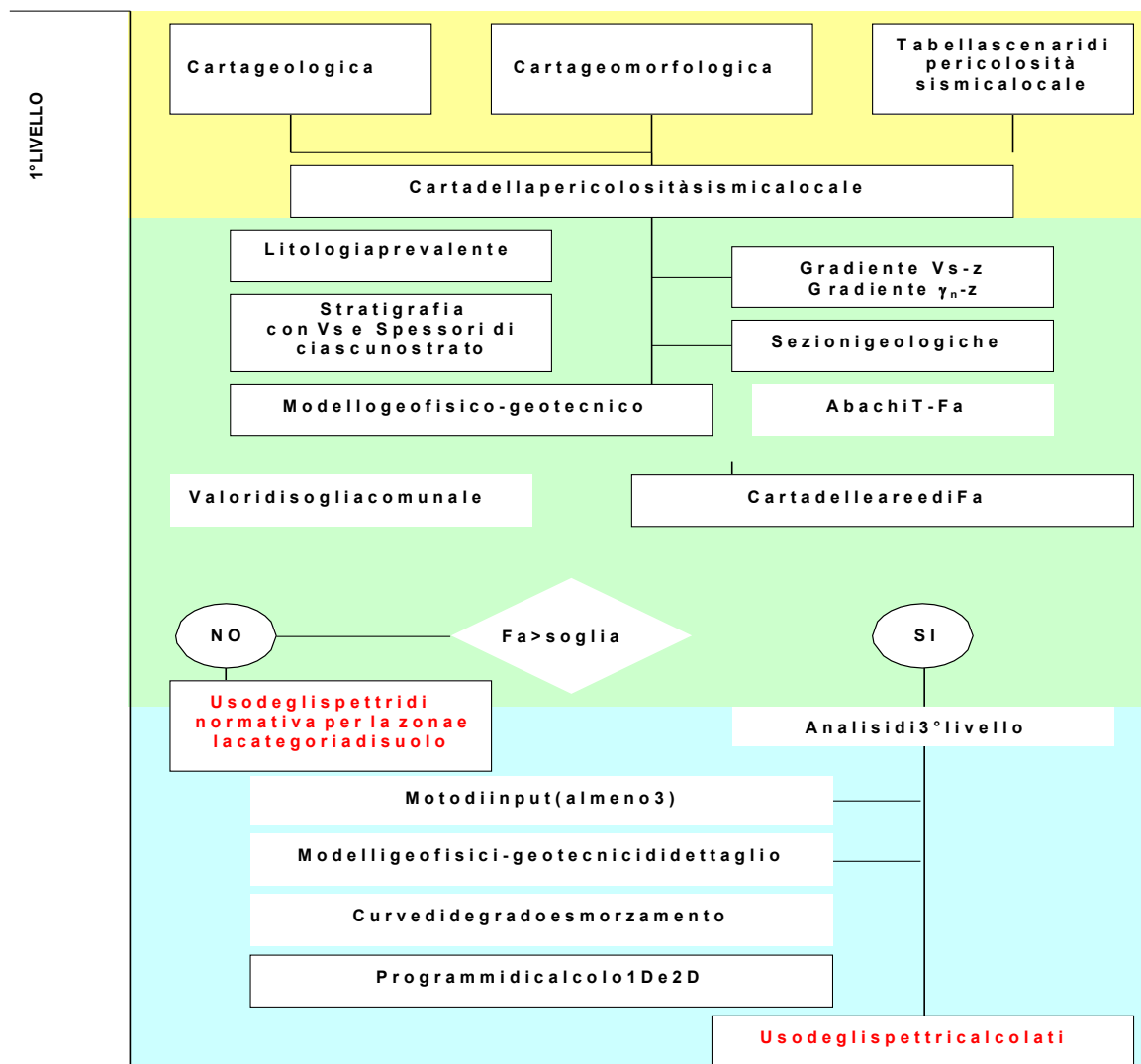


Figura 7.11.1 – *Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.*

Avendo il Comune di Scaldasole una ag di riferimento pari a 0,06 le verifiche alla liquefazione possono essere omesse.

19. ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI. NORMATIVA REGIONALE

In Allegato 5 della D.G.R. 28.05.2008 n. 7374 è riportata, in Figura 1 – Diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei tre livelli di indagine, la metodologia e lo schema operativo per la valutazione dell'amplificazione sismica locale:



I tre livelli di approfondimento possono essere sintetizzati come segue:

1° LIVELLO

Il 1° livello di approfondimento è obbligatorio per tutti i Comuni e consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti. Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti (a scala 1:10000 e 1:2000) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, etc..).

Lo studio consiste nella raccolta dei dati esistenti e nella redazione di un'apposita cartografia (Carta della pericolosità sismica locale) a scala 1:2.000 – 1:10.000 derivata dalle precedenti carte di base (carta geologica, geomorfologia, idrogeologica...) in cui è riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti locali descritti nella Tabella – Scenari di pericolosità sismica locale, dell'Allegato n. 5 della DGR 28.05.2008 n. 7374, sottoriportata.

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, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle 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

2° LIVELLO

Il 2° livello di approfondimento è obbligatorio per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 - 3 - 4 nei quali siano state individuate, con l'applicazione del 1° livello, aree con scenari suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) interferenti con l'urbanizzato e/o interferenti con le aree di espansione urbanistica, ad esclusione di quelle considerate inedificabili per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative. Per i Comuni ricadenti in zona sismica 3, come Scaldasole, deve essere applicato solo alle costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R.14964/2003 e della d.d.u.o. n. 19904 del 21.11.2003, ferma restando la facoltà del Comune di estenderlo alle altre categorie di costruzioni.

La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione; gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e geometriche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di F_a .

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia dei materiali presenti nel sito (litologie ghiaiose e litologie argilloso limose);
- stratigrafia del sito;
- andamento con la profondità delle V_s fino a valori pari o superiori a 800 m/s; in mancanza del raggiungimento del bedrock ($V_s \geq 800$ m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di V_s con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s.
- spessore, peso di volume e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

In funzione della litologia prevalente presente nel sito, del gradiente di velocità V_s e del gradiente del peso di volume naturale con la profondità si sceglie l'abaco di riferimento.

In funzione dello spessore e della velocità V_s dello strato superficiale si sceglie la curva più appropriata per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s¹ (riportati negli Schemi seguenti).

Il periodo proprio del sito necessario per l'utilizzo dell'abaco di correlazione deve essere calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando

n

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

ove h_i e $V s_i$ sono lo spessore e la velocità dello strato i -esimo.

Il valore di F_a determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale e dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della nuova normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di F_a ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun Comune e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 e 0.5-1.5 s.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati in formato .xls (soglie_lomb.xls) e 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.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0.1 che tiene conto della variabilità del valore di F_a ottenuto.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di F_a è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la nuova normativa è da considerarsi sufficiente per tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° Livello) o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema (punto 1.4.3 della D.G.R. 7374/2008):
 - anziché lo spettro della categoria B di suolo si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui i sogli non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria C di suolo si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria E di suolo si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Nel caso di presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e morfologici (Z3) si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

3° LIVELLO

Il 3° Livello si applica in fase progettuale, al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità, agli scenari di pericolosità sismica locale suscettibili di instabilità (Z1b e Z1c), di cedimenti e/o liquefazioni (Z2) e di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) che sono caratterizzate da un valore di F_a superiore al valore di soglia corrispondente così come ricavato dall'applicazione del 2° Livello.

Nelle aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni (Z1 e Z2), si applica a tutte le costruzioni nelle Zone sismiche 2 e 3, mentre nella Zona sismica 4 è obbligatorio solo per gli edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904/2003, ferma restando la facoltà del Comune di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Nel caso di sovrapposizione di più scenari sul medesimo ambito territoriale si dovrà procedere con il grado di approfondimento più cautelativo.

Per il calcolo del potenziale di liquefazione e dei possibili cedimenti si fa riferimento alle prove in situ e si utilizzano le procedure note in letteratura.

Per il calcolo degli effetti di amplificazione morfologica e litologica si prevede un approccio di tipo quantitativo e costituisce lo studio di maggior dettaglio, in cui la valutazione della pericolosità sismica locale è effettuata ricorrendo a metodologie classificate come strumentali o numeriche.

La metodologia strumentale richiede l'acquisizione di dati strumentali attraverso campagne di registrazione eseguite in situ con l'utilizzo di strumentazioni specifiche, variabili a seconda del parametro di acquisizione scelto (velocimetri ed accelerometri).

La metodologia numerica consiste nella modellazione di situazioni reali mediante un'appropriata e dettagliata caratterizzazione geometrica e meccanica del sito e nella valutazione della risposta sismica locale tramite codici di calcolo matematico più o meno sofisticati, basati su opportune semplificazioni e riduzioni del problema, necessarie ma comunque di influenza abbastanza trascurabile sul risultato finale. L'applicazione della metodologia numerica richiede una caratterizzazione geometrica di dettaglio del sottosuolo con un programma specifico di indagini geotecniche da aggiungere a quelle effettuate per il 1° e 2° Livello. è inoltre necessaria l'individuazione di uno o più input sismici sotto forma di spettri di risposta e/o di accelerogrammi.

Nella Tabella seguente vengono sintetizzati gli adempimenti di approfondimento ed i campi di applicabilità in funzione delle zone di pericolosità sismica locale (PSL) individuate e della zona sismica di appartenenza del Comune.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° Livello Fase pianificatoria	2° Livello Fase pianificatoria	3° Livello Fase progettuale
Zona sismica 2 - 3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con l'urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2° Livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale. - Nelle Zone PSL Z1 e Z2

20. SINTESI E FATTIBILITA' GEOLOGICA

Dall'incrocio delle varie carte tematiche elaborate ed illustrate nella presente relazione è stata prodotta una carta di sintesi che raccoglie in gruppi ed analiticamente le porzioni di territorio aventi caratteristiche assimilabili dal punto di vista delle proprietà geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche.

Questa elaborazione ha portato alla suddivisione del territorio in Classi di Fattibilità geologica che sono state riportate in una carta a scala 1:10.000 e che potrà essere utilizzata come documento di lavoro finalizzato allo studio interdisciplinare coinvolgente l'intero gruppo di progettisti incaricati della stesura del piano regolatore del Comune.

In tale ottica sono state individuate le classi principali di fattibilità geologica, e che comprende porzioni di territorio aventi caratteristiche geologiche assimilabili.

13.1 CLASSE 1 - FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI

Non sono presenti nel territorio comunale aree appartenenti alla classe1

13.2 CLASSE 2 - FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI

Questa classe comprende le aree poste al disopra del Piano Generale Terrazzato ed interessano i terreni appartenenti al Fluviale Wurm, non esistono particolari controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso delle parcelle, ma limitate richieste di indagine.

La realizzazione dei nuovi insediamenti è subordinata all'acquisizione di dati geologico-tecnici di maggior dettaglio che dovranno permettere la definizione della situazione idrogeologica locale e la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione.

Per le aree poste in fregio alle rogge presenti sul territorio comunale, prima di qualunque intervento si dovranno valutare le seguenti problematiche:

- Problemi di esondazione delle rogge stesse

- Problemi di stabilità delle sponde
- Problemi relativi alle scadenti proprietà geotecniche dei terreni di fondazione
- Problemi di ristagno delle acque nonché della bassa soggiacenza
- Problemi relativi alla vulnerabilità degli acquiferi

Tali indagini dovranno essere eseguite in sede di progetto esecutivo dei singoli interventi, e costituiranno parte integrante degli elaborati di progetto, conformemente a quanto prescritto dal D.M. 11 marzo 1988 -Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione e dal D.M.17/01/2018 Contenente le Nuove Norme Tecniche per le costruzioni (NTC 2018)

13.3 CLASSE 3 - FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

Non sono presenti nel territorio comunale aree appartenenti alla classe 3

13.4 CLASSE 4 - FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI

Non sono presenti nel territorio comunale aree appartenenti alla classe 4