



Regione Lombardia



Comune di Caino



Provincia di Brescia

STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

ART. 57, comma 1, lettera a della L.R. 12/05

STUDIO CONFORME AI CRITERI ATTUATIVI DELLA L.R. 12/05
DI CUI ALLA D.G.R. n.8/1566 del 22/12/2005 E SUCCESSIVI AGGIORNAMENTI

ELABORATO

A

RELAZIONE GENERALE

gennaio 2009

N° progetto: 0806900

AGGIORNAMENTI E REVISIONI		Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
	c					
	b					
	a					

I professionisti:

Dr. Geol. Luca Maffeo Albertelli

Progettazione, coordinamento, implementazione dati e grafica:



Uffici: Via Montegrappa, 41 - 24060 Rogno (BG) Tel. e fax 035 4340011
Sede amministrativa: Piazza Mercato, 5 - 25051 Cedegolo (BS)
Tel. e fax 035 4340011 P.I. e C.F. 02179460981

SOCIETA' CERTIFICATA
ISO 9001 / UNI EN ISO 9001 - ED.2000



GEOLOGIA - GEOTECNICA - GEOLOGIA AMBIENTALE INDAGINI GEOTECNICHE E GEOGNOSTICHE

Sommario

PREMESSA	2
1 INQUADRAMENTO DEL COMUNE DI CAINO	4
1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	4
1.2 INQUADRAMENTO GENERALE DEL SISTEMA IDROGRAFICO	4
1.3 INQUADRAMENTO METEO-CLIMATICO	5
1.4 VINCOLI DI CARATTERE GEOLOGICO	6
2 FASE DI ANALISI	7
2.1 RACCOLTA DEI DATI E DELLA DOCUMENTAZIONE ESISTENTE	7
2.2 CARTOGRAFIA DI INQUADRAMENTO	7
2.2.1 CARTA GEOLOGICA.....	8
2.2.2 CARTA GEOMORFOLOGICA	10
2.2.3 CARTA IDROLOGICA E CARTA IDROGEOLOGICA.....	11
2.3 FASE DI APPROFONDIMENTO: ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA	11
2.3.1 PREMESSA	11
2.3.2 PERCORSO NORMATIVO	12
2.3.3 ANALISI DELLA SISMICITA' DEL TERRITORIO DEL COMUNE DI CAINO.....	13
3 FASE DI SINTESI E VALUTAZIONE	32
3.1 CARTA DEI VINCOLI	32
3.2 CARTA DI SINTESI	35
4 FASE DI PROPOSTA	36
4.1 CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA.....	36
4.2 AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO (cod. 031-LO-BS)	41
4.3 CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI	42

PREMESSA

Il Comune di Caino è dotato dello Studio Geologico denominato “Indagine geologica a supporto delle scelte di PRG. Ex Artt. 2 e 3 L.R. 24 Novembre 1997 n. 41, D.G.R. 6 agosto 1998 n. VI/37918, D.G.R. 29 Ottobre 2001 n.7/6645, nonché per l’aggiornamento del quadro di dissesto del PAI adottato ai sensi dell’art. 17, comma 5 L. 18 maggio 1989 n. 183 con D.G.R. 11 dicembre 2001, n. 7/7365”, redatto nell’anno 2005 dal Dott. Geol. Mario Pesce.

La società scrivente è stata incaricata di aggiornare, integrare ed adeguare tale studio ai sensi della D.G.R. 22 Dicembre 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, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n.12” e successivi aggiornamenti di cui alla D.G.R. 28 Maggio 2008, n. 8/7374, per i soli aspetti sismici.

Il lavoro di adeguamento e di integrazione dello studio geologico è stato condotto seguendo le indicazioni fornite dalla Regione Lombardia, in accordo con i criteri di cui sopra, ed è consistito essenzialmente in:

- Revisione parziale delle carte esistenti di inquadramento territoriale, uniformando alla scala di 1:5.000 su volo aereofotogrammetrico per tutto il territorio comunale, la Carta Geologica, la Carta Geomorfologica, la Carta Idrologica e la Carta Idrogeologica, che nello studio precedente utilizzavano come base cartografica la Carta Tecnica Regionale;
- Aggiornamento dello studio geologico per la componente sismica e realizzazione della Carta di Pericolosità Sismica alla scala di 1:5.000 su volo aereofotogrammetrico per tutto il territorio comunale;
- Redazione della Carta dei Vincoli in scala 1:5.000 su volo aereofotogrammetrico per tutto il territorio comunale;
- Revisione parziale ed adeguamento della Carta di Sintesi redatta alla scala di 1:5.000 su volo aereofotogrammetrico per tutto il territorio comunale;
- Revisione parziale della carta di Fattibilità Geologica redatta alla scala di 1:5.000 su volo aereofotogrammetrico per tutto il territorio comunale, e alla scala 1:2.000 su volo aereofotogrammetrico per il settore urbanizzato del territorio comunale. Così come richiesto dalla Regione Lombardia per l’aggiornamento del Mosaico della fattibilità del SIT regionale, la carta di fattibilità è stata prodotta anche in scala 1.10.000 utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale;
- Come richiesto dalla Regione Lombardia, nella Carta del dissesto con legenda uniformata PAI, sono state rappresentate le aree in dissesto così come perimetrare e pubblicate nel Sito della Regione Lombardia – Studi Geologici Comunali – PAI aggiornato, utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale alla scala 1.10.000.

Si precisa inoltre che tutte le cartografie redatte utilizzano come base cartografica il volo aereofotogrammetrico del Comune di Caino, fornito dagli uffici comunali, ad eccezione delle Tavole “Mosaico della Fattibilità” e “Carta del

dissesto con legenda uniformata PAI”, redatte in scala 1:10.000 utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale, così come previsto dai Criteri di cui sopra, per l’aggiornamento del mosaico della fattibilità contenuto nel SIT della Regione Lombardia.

Il presente lavoro si compone dei seguenti elaborati:

- A- Relazione Generale (presente documento);
- B- Norme Geologiche di Piano;

delle seguenti tavole grafiche redatte su volo aereofotogrametrico:

- 01- Carta Geologica in scala 1:5000;
- 02- Carta Geomorfologica in scala 1:5000;
- 03- Carta Idrologica in scala 1:5000;
- 04- Carta Idrogeologica in scala 1:5000;
- 05- Carta della Pericolosità Sismica Locale in scala 1:5000;
- 06- Carta dei Vincoli in scala 1:5000;
- 07- Carta di Sintesi in scala 1:5000;
- 08- Carta della Fattibilità in scala 1:5000;
- 09-A Carta della Fattibilità in scala 1:2000 Abitato settore Ovest;
- 09-B Carta della Fattibilità in scala 1:2000 Abitato settore Est;

e delle seguenti tavole grafiche redatte su Carta Tecnica Regionale:

- 10- Mosaico della Fattibilità in scala 1:10.000;
- 11- Carta del dissesto con legenda uniformata PAI in scala 1.10.000.



Figura 1 Fotografia Aerea della porzione urbanizzata del Territorio di Caino

1 INQUADRAMENTO DEL COMUNE DI CAINO

1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il Comune di Caino si colloca a Nord della zona pedemontana, al margine meridionale delle Prealpi Bresciane e si sviluppa nella vallata del Torrente Garza. L'estensione del territorio comunale è di circa 17,3 kmq, con area classificata come forestale-agraria di circa 16,42 kmq. Le frazioni che appartengono al Comune di Caino sono le seguenti: Bagnolo, Piazzoline, Sant'Eusebio (valico), Surago, Striane.

I confini comunali si estendono fino a toccare a Nord-Ovest il Comune di Lumezzane, a Nord Est il Comune di Agnosine, a Est il Comune di Vallio e Sud Sud-Ovest i Comuni di Serle e di Nave.

I rilievi raggiungono la quota massima di 1.167 m. s.l.m. con il Monte Ucia nel settore meridionale e di 1.064 m. s.l.m. a settentrione con il Monte Doppo.

Il territorio comunale si sviluppa prevalentemente lungo il solco vallivo del Torrente Garza, ed è rappresentato nella Cartografia Tecnica Regionale, alla scala 1:50.000, nel foglio D5.

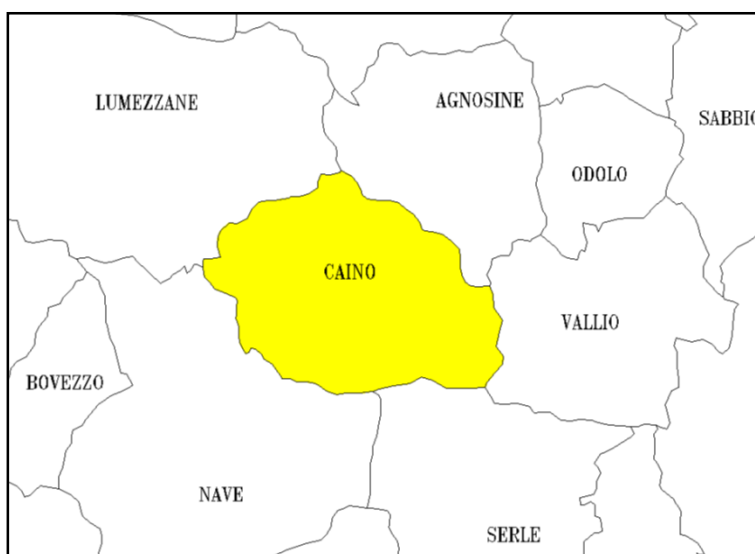


Figura 2 Localizzazione del territorio Comunale di Caino

1.2 INQUADRAMENTO GENERALE DEL SISTEMA IDROGRAFICO

Dal punto di vista idrografico, il corso d'acqua principale del Comune di Caino è rappresentato dal torrente Garza, che si sviluppa lungo il fondovalle, e percorre l'intero territorio comunale con direzione Sud Est- Nord Ovest. In generale la natura del territorio ha dato origine ad una idrografia superficiale complessa relativamente alla lunghezza e al numero di impluvi minori: il sistema di drenaggio è costituito da più linee di impluvio che vanno a confluire nel Torrente Garza e originano un reticolo idrografico condizionato dall'assetto tettonico-strutturale.

Le principali aste torrentizie presenti sul territorio sono, da occidente a oriente: Rio Merolta, Valle di S. Giorgio, Valle Salazo, Valle d'Aosta, Valle della Parola, Val Calda, Valle del Loc, Rio Cornalunga. In generale tutti i corsi d'acqua sono caratterizzati da linee di confluenza a carattere subdendritico, con direzione preferenziale che testimonia un controllo tettonico da parte del territorio.

Le aste asciutte si attivano generalmente solo in concomitanza di precipitazioni meteoriche intense.

1.3 INQUADRAMENTO METEO-CLIMATICO

Lo studio del territorio non può prescindere dalla conoscenza dei dati meteorologici e climatici, soprattutto in previsione di eventi eccezionali con tempi di ritorno molto lunghi.

Per quanto riguarda le precipitazioni medie annue, nella provincia di Brescia si riconoscono tre zone caratteristiche:

- Zona di pianura: precipitazioni comprese fra 700 e 1100 mm, crescenti con leggero gradiente avvicinandosi alla zona pedemontana;
- Zona intermedia: precipitazioni comprese tra 1000 e 1500 mm, crescenti con l'aumento di quota;
- Zona montana: si estende tra il crinale alpino e quello prealpino con precipitazioni comprese fra 1000 e 1800 mm.

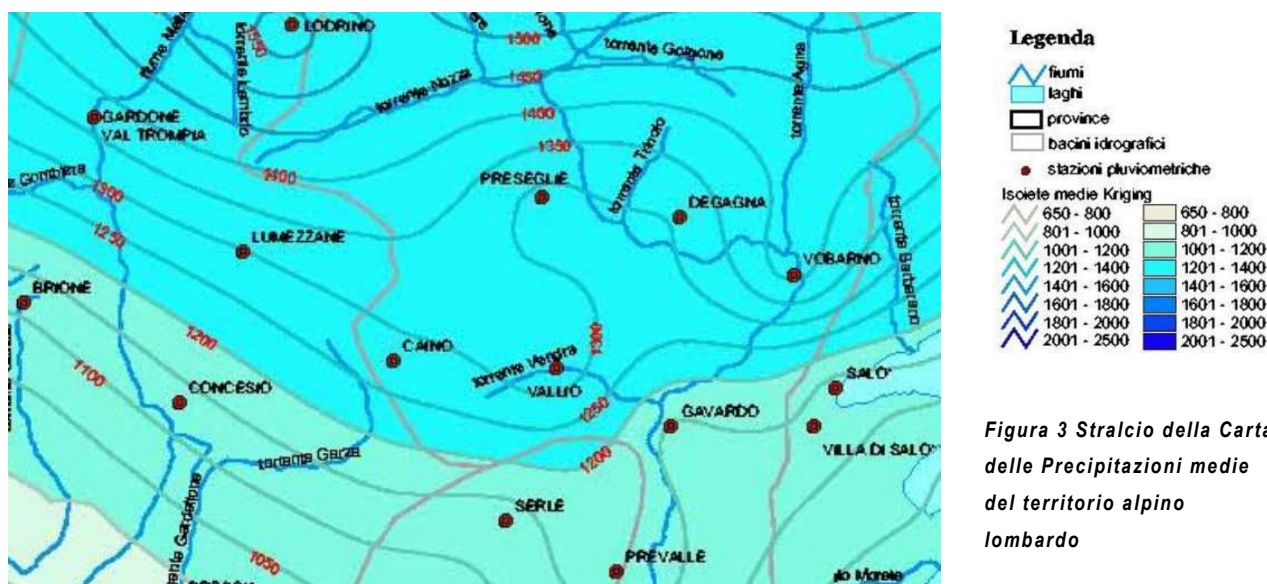


Figura 3 Stralcio della Carta delle Precipitazioni medie del territorio alpino lombardo

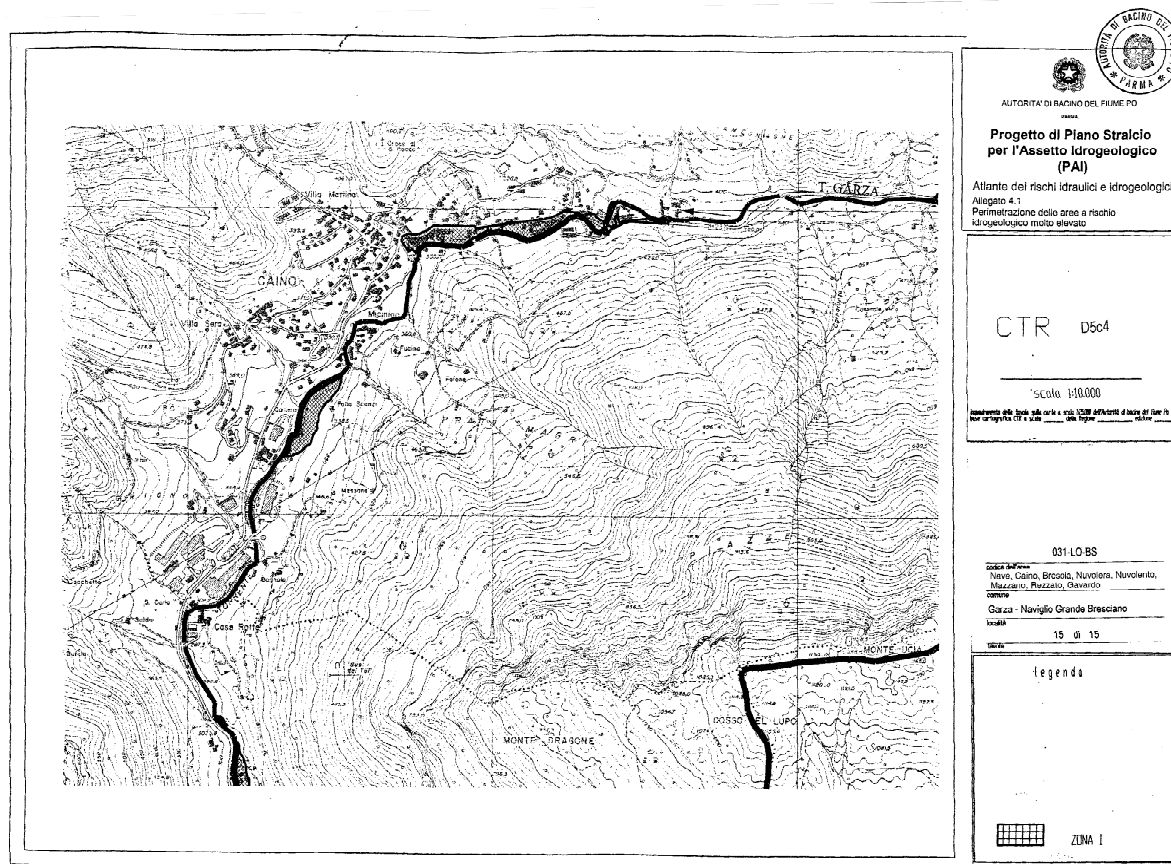
Come si può dedurre dall'immagine sopra riportata, ricavata dalla Carta delle precipitazioni del territorio alpino lombardo della Regione Lombardia, il comune di Caino è caratterizzato da precipitazioni variabili tra i 1200 e i 1350 mm, crescenti con l'aumento della quota.

L'influenza orografica concorre in modo determinante alla formazione di aree con diverso valore delle precipitazioni annue. In sostanza, l'esame delle isoiete totali evidenzia una distribuzione delle precipitazioni notevolmente influenzata dall'orografia dominante e dai rapporti sussistenti tra le correnti aeree di diversa provenienza. Inoltre l'orografia ed i venti prevalenti contribuiscono a creare zone con diversa equazione della retta di possibilità climatica. Ad esempio la diversa esposizione dei versanti influisce sui climi locali delle vallate, sia determinando una diversa insolazione tra i due versanti, con conseguenze sulle temperature e sulla permanenza del manto nevoso, sia agendo diversamente sui versanti umidi e quindi sulla quantità delle precipitazioni.

1.4 VINCOLI DI CARATTERE GEOLOGICO

Il territorio comunale di Caino è interessato dalla perimetrazione di “Aree a rischio idrogeologico molto elevato”, così come contenuto nell’Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici (Allegato 4.1 all’Elaborato 2 del PAI). In particolare tale perimetrazione riguarda 2 zone separate classificate come Zona I, ovvero come aree potenzialmente interessate da inondazioni per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o uguale a 50 anni, legati al Torrente Garza (cod. 031-LO-BS).

Di seguito è riportata la perimetrazione di tali aree, così come pubblicata dall’Autorità di bacino del Fiume Po.



In relazione a tale situazione il Comune di Caino con il supporto della Regione Lombardia ha effettuato un intervento di mitigazione del rischio, consistente nella realizzazione di alcune opere di regimazione idraulica (“Intervento di sistemazione idraulica lungo l’asta del Torrente Garza nel centro abitato di Caino”), che allo stato attuale risultano complete e collaudate.

A supporto del progetto di riduzione del rischio è stato effettuato lo studio idraulico “Aree a rischio idrogeologico molto elevato nel centro edificato del Comune di Caino” redatto dal Prof. Ing. Baldassarre Bacchi e dal Dott. Ing. Sergio Taccolini nell’anno 2003, che ha consentito la ripermimetrazione di dettaglio dell’area a rischio.

2 FASE DI ANALISI

2.1 RACCOLTA DEI DATI E DELLA DOCUMENTAZIONE ESISTENTE

Gli studi di carattere geologico e idraulico realizzati nel Comune di Caino sono:

- Studio Idraulico “Aree a rischio idrogeologico molto elevato nel centro edificato del Comune di Caino” redatto dal Prof. Ing. Baldassarre Bacchi e dal Dott. Ing. Sergio Taccolini nell’anno 2003;
- Studio Geologico “Indagine geologica a supporto delle scelte di PRG. Ex Artt. 2 e 3 L.R. 24 Novembre 1997 n. 41, D.G.R. 6 agosto 1998 n. VI/37918, D.G.R. 29 Ottobre 2001 n.7/6645, nonché per l’aggiornamento del quadro di dissesto del PAI adottato ai sensi dell’art. 17, comma 5 L. 18 maggio 1989 n. 183 con d.G.R. 11 dicembre 2001, n. 7/7365”, redatto nell’anno 2005 dal Dott. Geol. Mario Pesce;
- “Studio per la definizione del Reticolo Idrico Minore e le rispettive fasce di rispetto in osservanza della D.G.R. n.VII/7868 del 25 gennaio 2002 e successive modifiche (D.G.R. n. VII/13950 del 1 Agosto 2003)” redatto dalla società scrivente nell’anno 2007;
- “Delimitazione della zona di rispetto del nuovo pozzo Purè – ex. T.U. 11/12/1993 n.1775; D.G.R. 27/06/1996 n.15137; D.Lgs. n.152/06; D.G.R. 10/04/2003 n. 7/12693; R.R. n. 2 24/03/2006” a cura di “a2a Energie in Comune” - Dott. Geol. Gemio Bissolati ottobre 2008.

Ai sensi della D.G.R. 22 Dicembre 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, comma 1, della L.R. 11 Marzo 2005, n.12” e successivi aggiornamenti di cui alla D.G.R. 28 Maggio 2008, n. 8/73742, ai fini della redazione del presente lavoro di adeguamento dello studio geologico del Comune di Caino, sono stati consultati ed integrati gli studi già approvati dal comune, utilizzandoli come base di riferimento.

2.2 CARTOGRAFIA DI INQUADRAMENTO

La fase di analisi si concretizza nella realizzazione della cartografia di inquadramento, finalizzata alla caratterizzazione del territorio comunale dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrologico ed idrogeologico. Tale cartografia è stata redatta per tutto il territorio comunale alla scala di 1:5.000 su volo aereo fotogrammetrico, utilizzando come base di riferimento le carte contenute nello Studio Geologico Comunale del 2005. I seguenti paragrafi sono dedicati alla descrizione delle carte di inquadramento e più precisamente:

- Carta Geologica
- Carta Geomorfologica
- Carta Idrologica
- Carta Idrogeologica

2.2.1 CARTA GEOLOGICA

La Carta Geologica rappresenta le unità litologiche presenti nel territorio comunale e i principali lineamenti tettonici e strutturali. La documentazione geologica di base utilizzata è quella relativa al vecchio Studio Geologico Comunale del 2005, estendendo ed integrando tale carta a tutto il territorio comunale.

Nella figura seguente è riportato uno stralcio della carta Geologica (cfr Tavola 01), nella quale è stato attribuito un colore diverso per ogni litotipo o deposito presente nel territorio comunale. Più in particolare appare evidente che l'area montuosa settentrionale è caratterizzata da affioramenti di Dolomia Principale (in giallo), mentre l'area montuosa meridionale è caratterizzata dalla presenza di affioramenti del Calcarea di Zu e di calcari compatti quali la Corna (in azzurro).

Nella fascia centrale valliva, nella quale sorge l'abitato di Caino, è presente una copertura quaternaria, distinta in detrito di falda (in rosso), copertura elluviale e colluviale (in verde), e depositi di conoide (in blu).

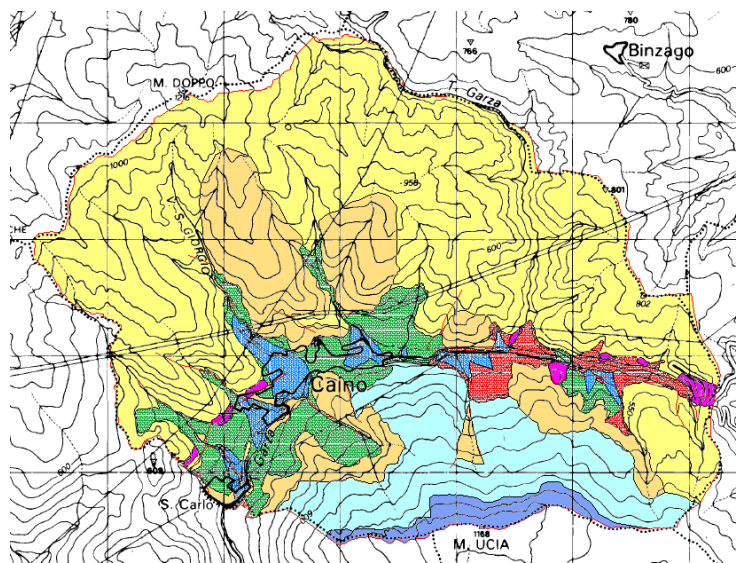
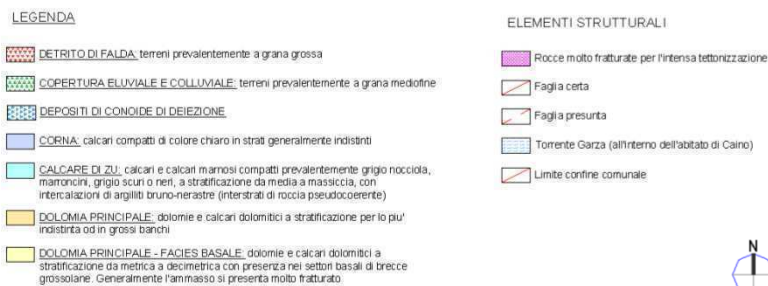


Figura 4 Stralcio della carta Geologica



Di seguito vengono brevemente descritte le diverse formazioni litologiche affioranti sul territorio del Comune di Caino, dalla più antica alla più recente e le diverse tipologie di copertura quaternaria:

FORMAZIONI LITOLOGICHE

- **DOLOMIA PRINCIPALE:** dolomie e calcari dolomitici da grigio chiari a nerastri, a stratificazione per lo più indistinta o in grossi banchi. In particolare alla base sono presenti breccie monogeniche ad elementi calcareo – dolomitici. Dal punto di vista meccanico, si comportano come masse rigide e presentano evidenti sistemi di fratturazione.
- **DOLOMIA PRINCIPALE (membro basale):** livelli stratificati costituiti da calcari e calcari dolomitici, alle volte bituminosi, con stratificazione decimetrica.
- **CALCARE DI ZU:** calcari e calcari marnosi grigio-scuri, grigio-bruni o grigio-neri, compatti, a stratificazione da sottile a massiccia, con locali intercalazioni di marne bruno-nerastre, più raramente di argilliti soprattutto nella porzione inferiore, riccamente fossiliferi; caratteristica è la presenza di alcuni orizzonti a coralli, frequentemente biocostruiti, predominanti sugli altri strutturali. Spessore variabile.
- **CORNA:** calcari di colore bianco-avorio e nocciola-chiaro, compatti e ceroidi, stilolotici, in strati e banchi spessi o con superfici mal definiti. Litotipo caratteristico per forme di carsismo accentuato, sottolineato dalla presenza di inghiottitoi e grotte, dovuto ai fenomeni di dissoluzione chimica ad opera delle acque di infiltrazione. Spessore variabile.

COPERTURE QUATERNARIE

- **DETRITO DI FALDA:** depositi prevalentemente costituiti da frammenti sciolti e a spigoli vivi, che derivano dalla disgregazione e dal disfacimento delle rocce soprastanti.
- **COPERTURA ELUVIALE E COLLUVIALE:** depositi prevalentemente costituiti da frammenti sciolti o parzialmente cementati, arrotondati e sub-angolosi, a pezzatura eterogenea. Sono depositi che provengono dalla disgregazione di origine meccanica di altre formazioni rocciose tra le quali i calcari ed i calcari dolomitici.
- **DEPOSITI DI CONOIDE:** depositi prevalentemente ghiaiosi, disposti in cono di deiezione. Sono i depositi lasciati dai vari torrenti allo sbocco sul fondovalle e sono formati prevalentemente da detriti ciottolosi grossolani. Hanno spessori variabili e possono raggiungere anche qualche decina di metri.

Si fa presente che, rispetto alla Carta geologica del vecchio Studio Geologico del 2005, lungo la fascia valliva sono stati distinti i depositi di origine eluviale e colluviale dai depositi di conoide. Tale distinzione risulta necessaria al fine della caratterizzazione sismica, poiché i due diversi tipi di copertura corrispondono a due scenari distinti nella Carta di

Pericolosità Sismica locale (cfr Capitolo 2.3 Analisi della Pericolosità sismica e Tavola 05 Carta della Pericolosità Sismica Locale). La perimetrazione dei depositi di conoide ricalca quella dei conoidi alluvionali riportati nella Carta Geomorfologica del vecchio Studio Geologico del 2005.

Si ritiene opportuno sottolineare il fatto che la redazione della Carta Geologica è stata eseguita utilizzando come base cartografica il nuovo volo aereofotogrammetrico del Comune di Caino, mentre nel vecchio Studio Geologico del 2005 la base cartografica era la Carta Tecnica Regionale (CTR). A seguito di ciò alcune variazioni sono attribuibili alla diverse cartografie di base.

2.2.2 CARTA GEOMORFOLOGICA

Nella Carta Geomorfologica (cfr Tavola 02) vengono riportati analiticamente le forme e i processi di erosione e di accumulo presenti nel territorio comunale, valutandone lo stato di attività.

La documentazione geologica di base utilizzata è quella relativa alla carta Geomorfologica del vecchio Studio Geologico Comunale del 2005. Si è proceduto operando una semplice revisione grafica dell'elaborato, consistente nel passaggio dalla Carta Tecnica Regionale al volo aereofotogrammetrico come base cartografica di riferimento.

La Carta Geomorfologica inserita in questo studio non presenta variazioni in riferimento ai dissesti di frana attiva, quiescente, stabilizzata e alle aree di conoide protetta rispetto alla Carta Geomorfologica del vecchio Studio Geologico del 2005; eventuali piccole modifiche nella perimetrazione di tali aree sono attribuibili alla diversa base cartografica utilizzata.

Si fa presente che in questo elaborato, come in tutti gli elaborati a seguire, è stata aggiunta all'elenco delle sorgenti captate dall'acquedotto comunale, il pozzo sito in località Purè così come indicato nell'elaborato "Delimitazione della zona di rispetto del nuovo pozzo Purè" a cura di a2a (cfr paragrafo 2.1. Raccolta dei dati e della documentazione esistente). Si tenga in considerazione che la perimetrazione fornaci, a cura di a2a, utilizza come base Cartografica la Carta Tecnica Regionale, mentre nel presente lavoro tale perimetrazione è riportata su volo aereofotogrammetrico. Eventuali piccole differenze nella perimetrazione possono essere riconducibili alle diverse basi cartografiche utilizzate.

Nella nuova Carta Geomorfologica sono state apportate alcune modifiche che riguardano le aree classificate come "Versante e/o parete in roccia origine di crolli diffusi di singoli massi". In sostanza i perimetri di tali aree sono stati resi coerenti con la nuova base cartografica aereofotogrammetrica, e sono stati inseriti alcuni areali di crollo così come già evidenziato nella Carta di Fattibilità del vecchio Studio Geologico del 2005. Sono state inoltre aggiornate ed integrate le "Zone di ciglio di scarpata ($H > 10m$) o di cresta rocciosa o di cocuzzolo dorsale", uniformandole al volo aereofotogrammetrico.

Al fine di ottenere un quadro completo della situazione morfologica del territorio di Caino, nella Carta Geomorfologica sono state inserite due voci in legenda: "Area potenzialmente interessata da flussi di detrito in corrispondenza di conoidi pedemontani di raccordo del versante con il fondovalle", e "Area a pericolosità potenziale per presenza di

detrito di versante in precarie condizioni di stabilità” così come già perimetrato nella Carta di Sintesi del vecchio Studio Geologico del 2005.

Per quanto riguarda diverse eventuali rappresentazioni rispetto ai dati contenuti nel SIT – Dissesto Idrogeologico – Inventario dei fenomeni franosi, si rimanda all’analisi condotta nella relazione del vecchio Studio Geologico del 2005.

2.2.3 CARTA IDROLOGICA E CARTA IDROGEOLOGICA

Seguendo i Criteri della Regione Lombardia per la definizione della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica per il Piano di Governo del Territorio, si è deciso di produrre separatamente la Carta Idrologica e la Carta Idrogeologica, utilizzando come punto di partenza la Carta Idrogeologica del vecchio Studio Geologico del 2005, e la Carta di Inquadramento dello Studio per la Definizione del Reticolo Minore.

Nella Carta Idrologica (cfr Tavola 03) sono stati rappresentati il reticolo idrografico distinto in principale e minore, gli ambiti interessati da erosione in alveo, ruscellamento concentrato e diffuso e le scarpate fluviali distinte in Stabili e Instabili.

Nella Carta Idrogeologica (cfr Tavola 04) il territorio comunale è stato suddiviso in aree ad intervalli omogenei di permeabilità. La distinzione, rivista ed integrata su tutto il territorio comunale, ricalca in buona parte la perimetrazione della Carta Idrogeologica dello Studio Geologico Comunale del 2005.

Inoltre vengono riportate le ubicazioni delle sorgenti, captate e non captate dal sistema acquedottistico comunale, inserendo anche il nuovo pozzo Purè.

2.3 FASE DI APPROFONDIMENTO: ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

2.3.1 PREMESSA

A seguito del verificarsi di un sisma l’importo dei danni agli edifici è proporzionale sia alle caratteristiche tipologiche-strutturali degli stessi edifici, che alle condizioni di equilibrio geomorfologico e geotecnico dei terreni di fondazione. Nello specifico particolari condizioni geologiche e geomorfologiche locali possono influenzare la pericolosità sismica di base generando effetti diversi distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti.

In fase pianificatoria è quindi necessario riconoscere le aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico, identificando la categoria di terreno, e valutando i relativi effetti locali dovuti essenzialmente all’amplificazione sismica e o all’instabilità, e più precisamente:

- *Effetti di amplificazione sismica locale:* tali effetti sono dovuti a fattori geologici, morfologici e idrogeologici sia superficiali che del substrato, che possono modificare il moto sismico in termini di ampiezza, di durata e di contenuto in frequenza. Gli effetti sono estremamente pericolosi quando la frequenza di risonanza del sito coincide con quella dell’edificio.

Tali effetti di amplificazione sismica si distinguono essenzialmente in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- ✓ *effetti di amplificazione topografica*
- ✓ *effetti di amplificazione litologica*
- *Effetti di instabilità*: tali effetti interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e, a volte, movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; gli effetti di instabilità sono rappresentati da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti in sito (versanti in equilibrio precario, aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici, terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche, siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo).

2.3.2 PERCORSO NORMATIVO

Le zone sismiche del territorio nazionale italiano sono state individuate, in prima applicazione, con l'Ordinanza del presidente del consiglio dei Ministri 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", pubblicato sulla G.U. n. 105 dell'8 Maggio 2003 Supplemento ordinario n. 72.

La Regione Lombardia ha preso atto di tale ordinanza con d.g.r. n.14964 del 7 novembre 2003. Dal punto di vista della normativa tecnica associata alla nuova classificazione sismica, dal 5 marzo 2008, è in vigore il d.m. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n.29 del 4 febbraio 2008, che sostituisce il precedente d.m. 14 settembre 2005, fatto salvo per il periodo di monitoraggio di 18 mesi, di cui al comma 1 dell'art. 20 della l. 28 febbraio 2008, n.31. Dal 1° luglio 2009 la progettazione antisismica, per tutte le zone sismiche e per tutte le tipologie di edifici sarà regolata dal d.m. 14 gennaio 2008.

La Regione Lombardia, a seguito dell'entrata in vigore della Legge n.12/2005 per il Governo del Territorio, e vista la grande rilevanza assunta dalla materia nella normativa nazionale, ha introdotto una nuova metodologia per l'analisi sismica del territorio. Tale metodologia è contenuta nell'Allegato n. 5 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 successivi aggiornamenti.

In particolare tale metodologia si basa su 3 livelli di approfondimento successivi:

- *1° livello*: prevede l'individuazione degli scenari di pericolosità sismica locale (PSL) e la predisposizione della Carta della Pericolosità Sismica Locale.
- *2° livello*: prevede la caratterizzazione semi-quantitativa del Fattore di amplificazione (Fa) nelle aree PSL Z3 e Z4 individuate con il 1° livello e confronto con i valori di riferimento.
- *3° livello*: prevede la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi più approfondite rispetto al 2° livello.

2.3.3 ANALISI DELLA SISMICITA' DEL TERRITORIO DEL COMUNE DI CAINO

Secondo l'Ordinanza del presidente del consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003 il Comune di Caino ricade in zona sismica 2, ed è quindi necessario (ai sensi 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 successivi aggiornamenti):

- procedere obbligatoriamente ad un'analisi di 1° livello in fase pianificatoria;
- procedere obbligatoriamente ad un'analisi di 2° livello in fase pianificatoria, nelle zone classificate nella carta della pericolosità sismica locale come Z3 e Z4 se interferenti con le aree urbanizzate ed urbanizzabili, ad eccezione delle aree già inedificabili;
- effettuare un'analisi di 3° livello, solo in fase progettuale, nelle aree indagate con il 2° livello quando F_a calcolato risulta maggiore del valore di soglia comunale e nelle zone classificate nella carta della pericolosità sismica locale come Z1 e Z2.

La società incaricata della presente indagine, dopo aver redatto la Carta di Pericolosità Locale (PSL) e dopo aver sentito i professionisti incaricati dello studio urbanistico, ha proceduto all'analisi di 2° livello per quelle aree classificate come Z3 e Z4 nella PSL interferenti con l'urbanizzato e l'urbanizzabile. Si consideri comunque che, vista la complessa morfologia e litologia del Comune di Caino, le analisi condotte per il 2° livello, non caratterizzano l'intero territorio comunale, in quanto localizzate solo in ambiti tipo. In caso di nuova edificazione, si rimanda quindi alla competenza del singolo professionista circa l'approfondimento di indagine per la determinazione dell'amplificazione del sito.

2.3.3.1 ANALISI DI 1° LIVELLO: CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Tale procedura 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. Mediante la redazione della carta della Pericolosità Sismica Locale è possibile individuare e classificare le zone nelle quali i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono prevedibili con buona attendibilità, sulla base di osservazioni geologiche, geotecniche, geofisiche e di eventuali dati disponibili derivanti da indagini geognostiche. Le diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali sono riportate nella seguente tabella.

Tabella 1 Scenari di pericolosità sismica locale (All.5 Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.)

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

Utilizzando tale classificazione, e in accordo con i "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 successivi aggiornamenti, il territorio del Comune di Caino è stato suddiviso nelle diverse zone ed è stata redatta la carta della Pericolosità Sismica Locale, in scala 1:5.000 su volo aereofotogrammetrico (cfr Tavola 05).

Nello specifico si sono considerati gli scenari di Pericolosità Sismica Locale Z1, Z2, Z3 e Z4.

L'attribuzione delle sottoclassi all'interno degli scenari Z1 è stata condotta considerando la Carta Geomorfologica ed in particolare le aree classificate come "Frane Attive" sono state inserite in Z1a, le aree classificate come "Frane Quiescenti" in Z1b, le aree classificate come "Frane Stabilizzate", "Versante e/o parete in roccia origine di crolli diffusi di singoli massi" e "Aree pericolosità potenziale per presenza di detrito di versante in precarie condizioni di stabilità" in Z1c. Le aree classificate negli scenari Z1 in caso di sisma potrebbero essere interessate da fenomeni di instabilità.

Per quanto riguarda invece gli areali classificati come Z2, si è presa in considerazione la perimetrazione degli areali definiti come "Areali con terreni di primo substrato aventi caratteristiche meccaniche statisticamente valutabili come: scadenti" nella Carta di Sintesi del vecchio Studio Geologico del 2005. Per tali aree gli effetti attesi, in caso di sisma, sono riconducibili a cedimenti.

Nella Carta di Pericolosità Sismica Locale vengono riportati poi, in forma lineare, le zone di ciglio (Z3a) e le zone di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (Z3b) così come riportato nella Carta Geomorfologica alla voce "Zona di ciglio di scarpata (H>10m) o di cresta rocciosa o di cocuzzolo dorsale". Le aree classificate negli scenari Z3 in caso di sisma potrebbero essere interessate da amplificazioni di tipo topografico.

Infine, utilizzando come riferimento la carta Geologica, sono stati classificati nello scenario di pericolosità Z4 le aree classificate come "Depositati di conoidi di deiezione" inserendole nella zona Z4b, e le aree classificate come "Copertura eluviale e colluviale" inserendole nella zona Z4d.

Per queste aree (Z4) gli effetti attesi, in caso di sisma, sono riconducibili a possibili amplificazioni di carattere litologico e geometrico.

Si sottolinea il fatto che, a favore di sicurezza, alcune aree dell'abitato ai piedi dei versanti, che nella Carta Geologica erano classificate come "Dolomia Principale", sono comunque state inserite nella zona Z4, poiché oltre ad essere posizionate all'interno di un'area caratterizzata da possibile amplificazione sismica, potrebbero comunque presentare limitati spessori di copertura passibili di amplificazione litologica.

2.3.3.2 ANALISI DI 2° LIVELLO

Tale procedura consiste nella caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa). L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (caso in cui il Fattore di Amplificazione Fa calcolato risulta maggiore del Fattore di Amplificazione Fa di soglia).

Poiché, come già detto, il Comune di Caino è inserito in zona sismica 2, il 2° livello risulta obbligatorio, negli scenari individuati nella Carta di Pericolosità Sismica attraverso l'analisi di 1° livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4) interferenti con l'urbanizzato e con l'urbanizzabile.

Una volta individuate le aree interessate dai possibili fenomeni di amplificazione sismica sia di carattere morfologico che di carattere litologico, e una volta sentiti i professionisti incaricati dello studio urbanistico, al fine di individuare le possibili aree di espansione urbanistica, si sono scelti gli ambiti nei quali eseguire le indagini necessarie per l'analisi di 2° livello utilizzando la procedura semplificata proposta dalla Regione Lombardia.

Si ricorda che, vista la complessa morfologia e litologia del Comune di Caino, le analisi condotte non caratterizzano l'intero territorio comunale, in quanto localizzate solo in ambiti tipo. In caso di nuova edificazione, si rimanda quindi alla competenza del singolo professionista circa l'approfondimento di indagine per la determinazione dell'amplificazione del sito.

Di seguito vengono descritte le procedure e riportati i risultati ottenuti dalle indagini, sia per la valutazione degli effetti morfologici (scenari di PSL Z3), che per la valutazione degli effetti litologici (scenari di PSL Z4).

EFFETTI MORFOLOGICI

PROCEDURA SCENARIO DI SCARPATA (Z3a)

Lo scenario di scarpata rocciosa (Z3a) è caratterizzato da irregolarità con fronti di altezza (H) uguale o superiore a 10 m ed inclinazione (α) del fronte principale uguale o superiore ai 10° in funzione della tipologia del fronte superiore si distinguono:

- scarpate ideali con fronte superiore orizzontale;

- scarpate in pendenza con fronte superiore inclinato nello stesso senso del fronte principale;
- scarpate in controtendenza con fronte superiore inclinato nel senso opposto a quello del fronte principale.

Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una V_s maggiore o uguale ad 800 m/s.

Sulla base delle situazioni reali identificate sono stati costruiti modelli caratterizzati da diverse altezze H , diverse inclinazioni α del fronte principale e diversa tipologia del fronte superiore ed è stato valutato l'andamento del valore del Fattore di Amplificazione scegliendo tra i valori proposti dalla Regione Lombardia all'interno delle schede di valutazione per lo scenario di scarpata.

PROCEDURA SCENARIO DI CRESTA ROCCIOSA O COCUZZOLO (Z3b)

Con riferimento alla normativa regionale, la procedura semplificata è valida per lo scenario di zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (Z3b), caratterizzata da pendii con inclinazione maggiore o uguale ai 10° ; il rilievo è identificato sulla base di cartografie a scala almeno 1:10.000 e la larghezza alla base è scelta in corrispondenza di evidenti rotture morfologiche: sono da considerare creste solo quelle situazioni che presentano il dislivello altimetrico minimo (h) maggiore o uguale ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H).

Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una V_s maggiore o uguale ad 800 m/s.

Nell'ambito delle creste si distinguono due situazioni:

- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta (l) molto inferiore alla larghezza alla base (L) (*cresta appuntita*);
- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta paragonabile alla larghezza alla base, ovvero pari ad almeno $1/3$ della larghezza alla base; la zona di cresta è pianeggiante o subpianeggiante con inclinazioni inferiori a 10° (*cresta arrotondata*).

Per l'utilizzo della scheda di valutazione si richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- larghezza alla base del rilievo L ;
- larghezza in cresta del rilievo l ;
- dislivello altimetrico massimo H e dislivello altimetrico minimo h dei versanti;
- coefficiente di forma H/L .

All'interno della scheda di valutazione, proposta dalla Regione Lombardia, si sceglie, in funzione della tipologia di cresta (appuntita o arrotondata) e della larghezza alla base del rilievo, solo per le creste appuntite, la curva più appropriata per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s, in base al valore del coefficiente di forma H/L .

I valori di F_a ottenuti, sia per lo scenario di scarpata (Z3a) che per lo scenario di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (Z3b), devono essere utilizzati per la valutazione del grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente. Tale valutazione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di F_a ottenuti dalla schede di valutazione con il valore di St delle Norme tecniche per le Costruzioni. Tale valore rappresenta il

valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente in sito. Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di F_a è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica 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 morfologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

Nella tabella sotto riportata, vengono riportati i valori St delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Tale valore St rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito. Il valore di St di soglia deve considerare una variabilità di +0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto dalla procedura semplificata.

Tabella 2 Valori del coefficiente St

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	St
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

In accordo con quanto contenuto nei “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 successivi aggiornamenti, e valutata la morfologia decisamente complessa del territorio comunale di Caino, l’analisi di 2° livello condotta per gli scenari Z3 caratterizza essenzialmente le 3 diverse situazioni tipo, e più precisamente:

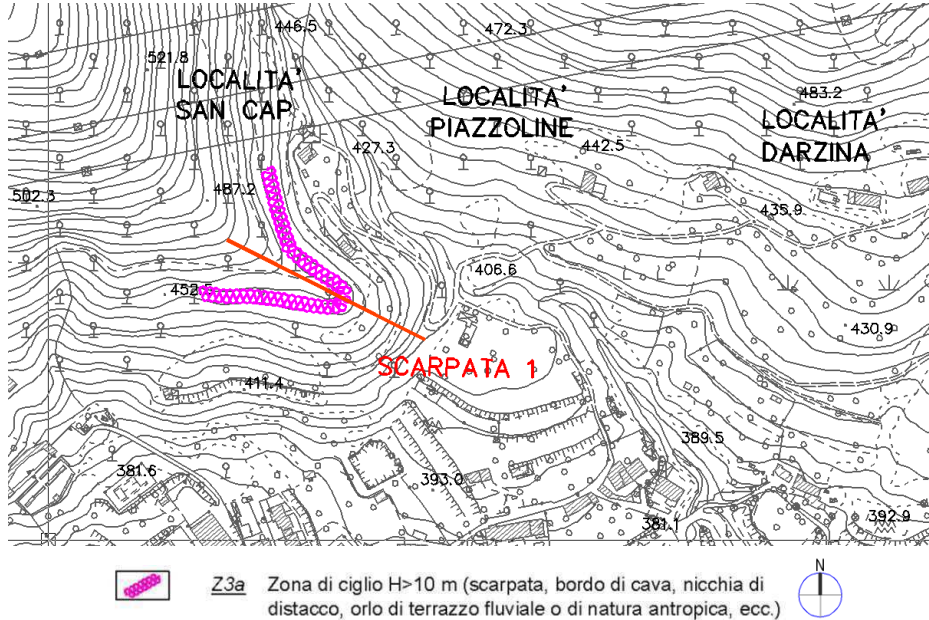
- 01- Scenario Z3a Scarpata;
- 02- Scenario Z3b Cresta arrotondata;
- 03- Scenario Z3b Cresta appuntita.

La scelta di questi ambiti di analisi è legata all’opportunità di caratterizzare le zone più prossime alle aree urbanizzate o urbanizzabili, nei quali fosse comunque possibile riconoscere i parametri necessari all’utilizzo delle schede di valutazione della Regione Lombardia per gli scenari Z3.

A seguito di ciò, pur analizzando 3 diversi ambiti tipo, in caso di nuova edificazione, si rimanda alla competenza del singolo professionista circa l’approfondimento di indagine per la determinazione dell’amplificazione topografica del sito.

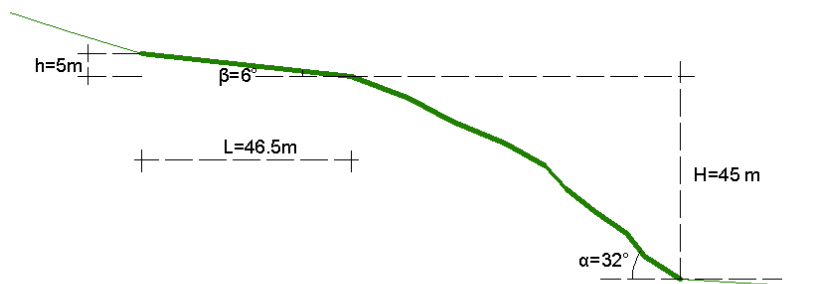
VALUTAZIONE SCENARIO DI SCARPATA (Z3a) E SCENARIO DI CRESTA ROCCIOSA O COCUZZOLO (Z3b)

01- SCENARIO Z3a - SCARPATA -



I parametri caratteristici di riconoscimento della scarpata analizzata possono essere così riassunti:

- $H \geq 10$ metri
- $\alpha \geq 10^\circ$
- $L > 15$ metri
- $\beta \leq 1/5 \alpha$

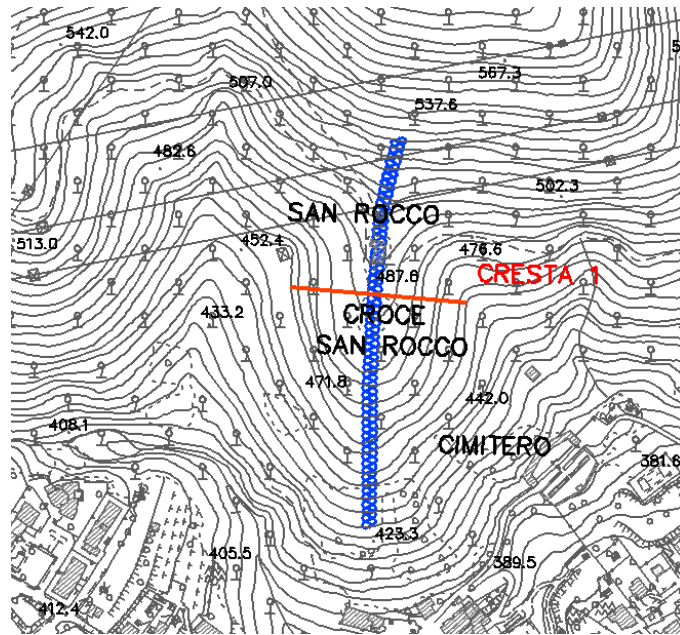


Tali parametri caratterizzano la scarpata come SCARPATA IN PENDENZA.

Per una scarpata in pendenza con classe altimetrica $H > 40$ m e classe di inclinazione $20^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$, le schede di valutazione della Regione Lombardia forniscono un valore del Fattore di Amplificazione pari a $Fa=1.2$, con un'area di influenza $Ai = 2/3H$.

Poiché il valore di Fa calcolato pari a 1.2 è non superiore al valore di St per categoria topografica T2 posto pari a $1.2 + 0.1$ (in modo da tenere in considerazione la variabilità del valore di Fa ottenuto dalla procedura semplificata), la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa.

02- SCENARIO Z3b - CRESTA ARROTONDATA -

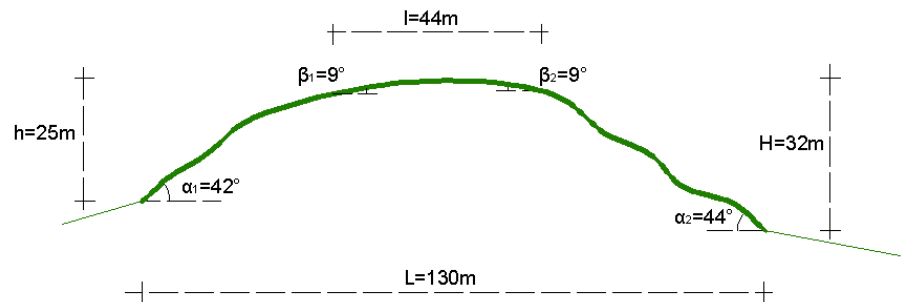


Z3b Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite-arrotondate



I parametri caratteristici di riconoscimento della scarpata analizzata possono essere così riassunti:

- $\alpha_1 \geq 10^\circ$ e $\alpha_2 \geq 10^\circ$
- $h \geq 1/3 H$
- $\beta_1 < 10^\circ$ e $\beta_2 < 10^\circ$
- $l \geq 1/3 L$

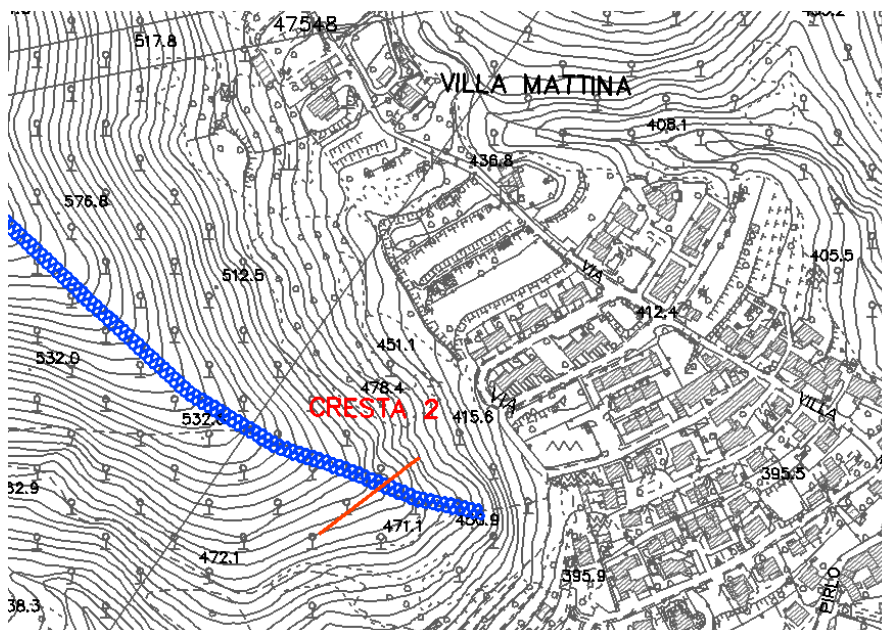


Tali parametri caratterizzano la cresta come CRESTA ARROTONDATA.

Per una cresta arrotondata le schede di valutazione della Regione Lombardia forniscono un valore del Fattore di Amplificazione pari a $Fa=1.1$.

Poiché il valore di Fa calcolato pari a 1.1 è minore del valore di St per categoria topografica T2 posto pari a 1.2 (+0.1), la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa.

03- SCENARIO Z3b - CRESTA APPUNTITA -

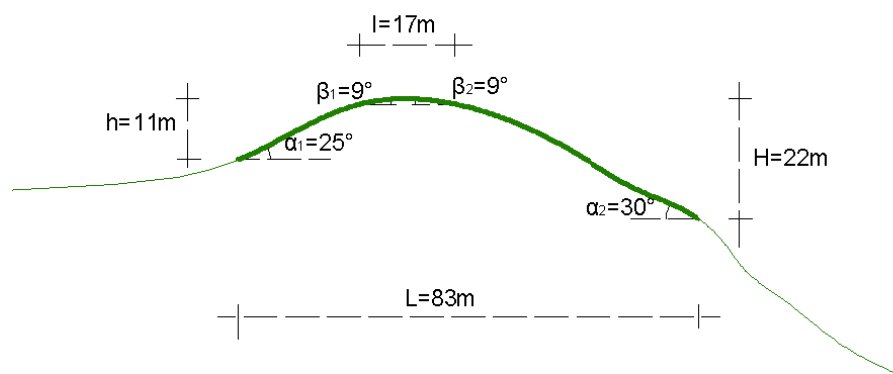


Z3b Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite-arrotondate



I parametri caratteristici di riconoscimento della scarpata analizzata possono essere così riassunti:

- $\alpha_1 \geq 10^\circ$ e $\alpha_2 \geq 10^\circ$
- $h \geq 1/3 H$
- $\beta_1 < 10^\circ$ e $\beta_2 < 10^\circ$
- $l < 1/3 L$



Tali parametri caratterizzano la cresta come CRESTA APPUNTITA.

Per una cresta appuntita con $L < 150$ m le schede di valutazione della Regione Lombardia forniscono un valore del Fattore di Amplificazione pari a $Fa=1.1$.

Poiché il valore di Fa calcolato pari a 1.1 è minore del valore di St per categoria topografica T4 posto pari a 1.4 + (0.1), la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa.

EFFETTI LITOLOGICI

PROCEDURA SCENARIO Z4

La procedura semplificata per la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore del Fattore di Amplificazione F_a nel caso di amplificazione litologica, richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle V_s con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;

Il valore di F_a si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di F_a sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale. In particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento redatta dalla Regione Lombardia.

Una volta individuata la scheda di riferimento è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di V_s con la profondità.

Si procede poi scegliendo, in funzione della profondità e della velocità V_s dello strato superficiale, la curva più appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s o nell'intervallo 0.5-1.5 s, in base al valore del periodo proprio del sito T 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 la seguente equazione:

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

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

Da considerazioni sulla velocità del primo strato si sceglie la formula corretta per il calcolo di F_a tra quelle proposte nelle schede delle diverse litologie.

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 s 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.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di F_a è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a 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 e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, seguendo il seguente schema:
 - ✓ anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C, nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria D;
 - ✓ anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
 - ✓ anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Nella tabella sotto riportata, vengono riportati i Fattori di Amplificazione F_a di soglia per il Comune di Caino, divisi per categoria di suolo e per gli intervalli di 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s, così come indicato nella banca dati in formato .xls (soglie_lomb.xls) della Regione Lombardia.

Tabella 3 Valori F_a di soglia per il comune di Caino

COMUNE	INTERVALLO	VALORI F_a DI SOGLIA			
		B	C	D	E
Caino	0.1-0.5 s	1.5	1.9	2.3	2.0
	0.5-1.5 s	1.7	2.4	4.3	3.1

Per la categoria di suolo A il valore di soglia è posto pari a 1.0 sia per il periodo 0.1-0.5 s che per il periodo 0.5-1.5 s. Il valore di F_a di soglia deve considerare una variabilità di +0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto.

VALUTAZIONE SCENARIO Z4

Come già detto, la procedura semplificata per la valutazione del Fattore di Amplificazione nello scenario Z4 soggetto a possibili amplificazioni di carattere litologico, necessita della conoscenza di alcuni parametri tra i quali la litologia prevalente dei materiali presenti nel sito, l'andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s e lo spessore di ciascun strato.

Si è quindi deciso di procedere alla realizzazione di una campagna di indagini sismiche, mirate agli ambiti classificati come Z4 nella PSL interferenti con l'urbanizzato e l'urbanizzabile, che hanno fornito i parametri necessari per la valutazione del Fattore di Amplificazione.

Nel Capitolo 5 della presente relazione "ALLEGATO 1 -INDAGINI SIMICHE-" sono definiti in dettaglio i metodi di prospezione sismica, la strumentazione, il software per l'interpretazione dei dati e i risultati delle indagini eseguiti nella campagna di misure sismiche di cui sopra.

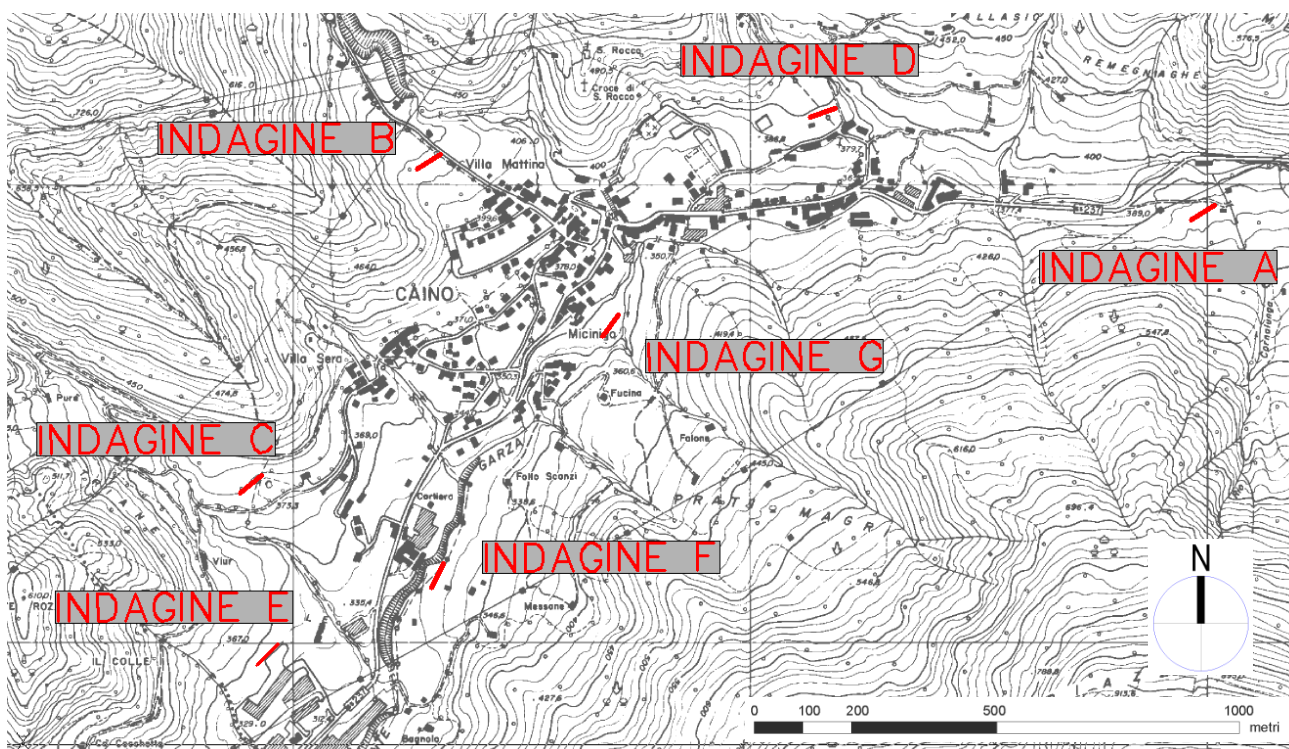
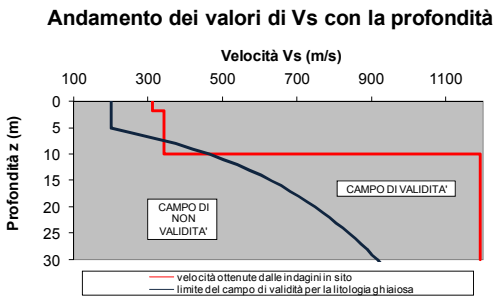
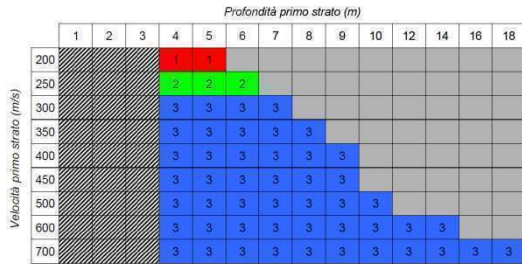
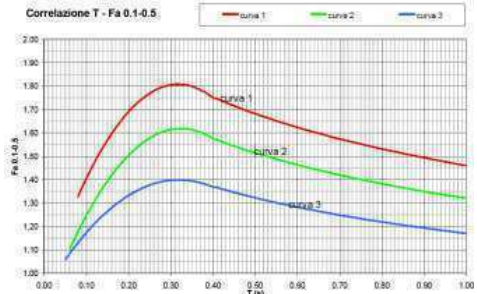
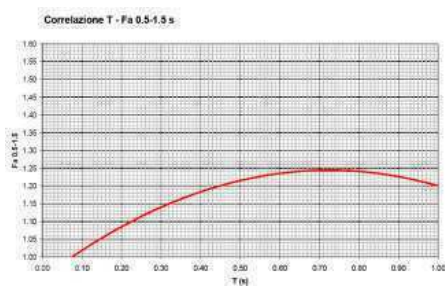


Figura 5 Ubicazione di massima delle indagini sismiche. Per maggior dettaglio si veda l'Allegato A

Di seguito si riportano le analisi condotte per la determinazione del Fattore di Amplificazione e il confronto con il valore di soglia, suddivise per i diversi ambiti indagati.

INDAGINE A

A- RISULTATI OTTENUTI DALLE INDAGINI IN SITO			
	N. STRATO	SPESSORE (m)	Vs (m/sec)
	1	1.8	311
	2	8.2	343
	3	> 20.0	1193
	Tipo di suolo calcolato in base alle Vs30: B		
Calcolo del periodo T=0.12			

B- VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE Fa	
<p>Scheda di valutazione scelta: SCHEDA PER LA LITOLOGIA GHIAIOSA</p>	
Validità della scheda in base alle Vs	Scelta della curva di riferimento: CURVA BLU (3)
<p>Andamento dei valori di Vs con la profondità</p> 	
CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE Fa	
Fa per 0.1-0.5 s	Fa per 0.5-1.5 s
	
Fa = 1.2	Fa = 1.0

FASE DI ANALISI

INDAGINE B

A- RISULTATI OTTENUTI DALLE INDAGINI IN SITO



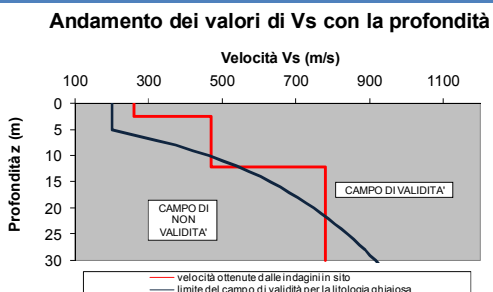
N. STRATO	SPESSORE (m)	Vs (m/sec)
1	2.6	261
2	9.5	471
3	> 17.9	779
Tipo di suolo calcolato in base alle Vs30: B		
Calcolo del periodo T=0.19		

B- VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE Fa

Scheda di valutazione scelta: SCHEDA PER LA LITOLOGIA GHIAIOSA

Validità della scheda in base alle Vs

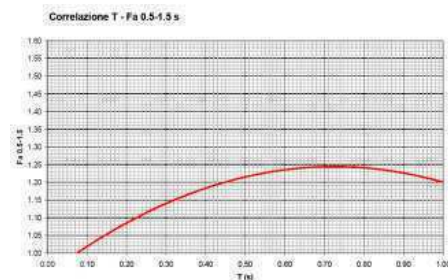
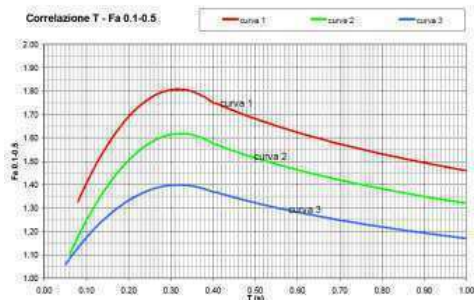
Scelta della curva di riferimento:
CURVA BLU (3)



CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE Fa

Fa per 0.1-0.5 s

Fa per 0.5-1.5 s

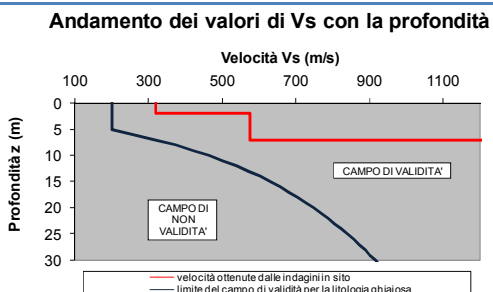

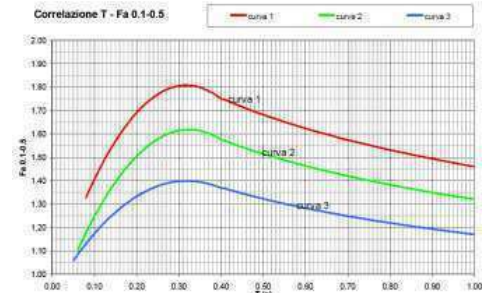
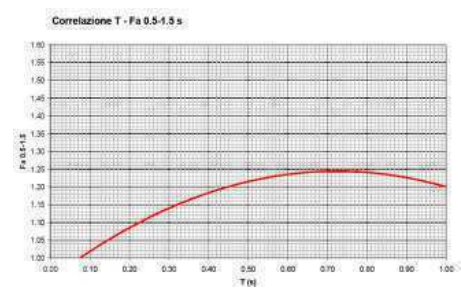


Fa = 1.3

Fa = 1.1

INDAGINE C

A- RISULTATI OTTENUTI DALLE INDAGINI IN SITO			
	N. STRATO	SPESSORE (m)	Vs (m/sec)
	1	2.0	321
	2	5.0	577
	3	> 23.0	1612
	Tipo di suolo calcolato in base alle Vs30: A		
Calcolo del periodo T: 0.06			

B- VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE Fa	
<p>Scheda di valutazione scelta: SCHEDA PER LA LITOLOGIA GHIAIOSA</p>	
<p>Validità della scheda in base alle Vs</p>	<p>Scelta della curva di riferimento: CURVA BLU (3)</p>
<p>Andamento dei valori di Vs con la profondità</p> 	
CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE Fa	
<p>Fa per 0.1-0.5 s</p> 	<p>Fa per 0.5-1.5 s</p> 
Fa = 1.1	Fa = 1.0

FASE DI ANALISI

INDAGINE D

A- RISULTATI OTTENUTI DALLE INDAGINI IN SITO



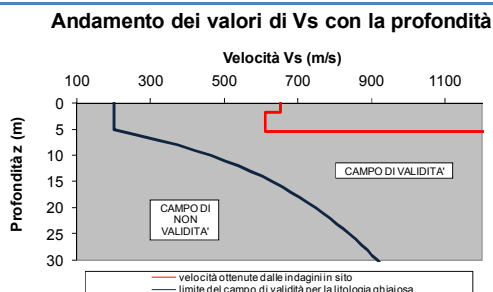
N. STRATO	SPESSORE (m)	Vs (m/sec)
1	1.9	653
2	3.5	611
3	> 24.6	1239
Tipo di suolo calcolato in base alle Vs30: A		
Calcolo del periodo T: 0.03		

B- VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE Fa

Scheda di valutazione scelta: SCHEDA PER LA LITOLOGIA GHIAIOSA

Validità della scheda in base alle Vs

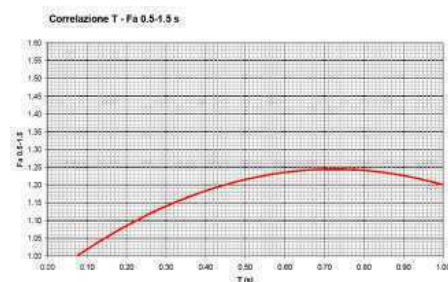
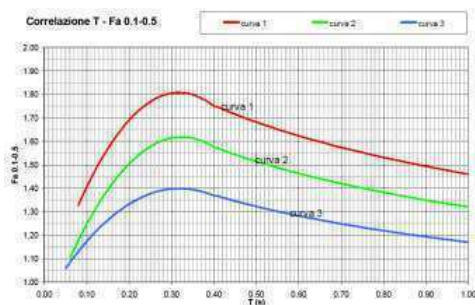
Scelta della curva di riferimento:
CURVA BLU (3)



CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE Fa

Fa per 0.1-0.5 s

Fa per 0.5-1.5 s



Fa = 1.0

Fa = 1.0

INDAGINE E

A- RISULTATI OTTENUTI DALLE INDAGINI IN SITO



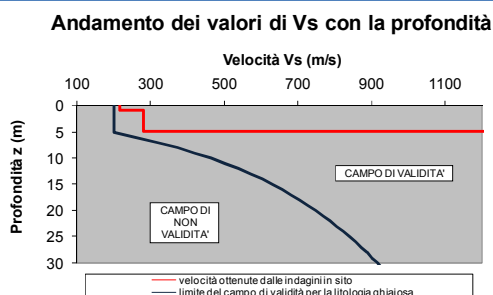
N. STRATO	SPESSORE (m)	Vs (m/sec)
1	0.9	216
2	4.0	280
3	> 25.1	1937
Tipo di suolo calcolato in base alle Vs30: A		
Calcolo del periodo T: 0.07		

B- VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE Fa

Scheda di valutazione scelta: SCHEDA PER LA LITOLOGIA GHIAIOSA

Validità della scheda in base alle Vs

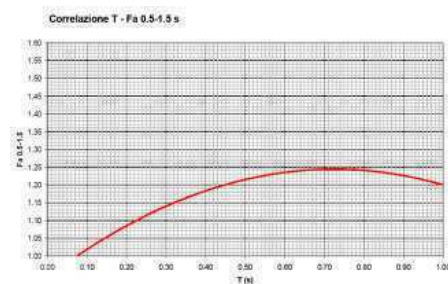
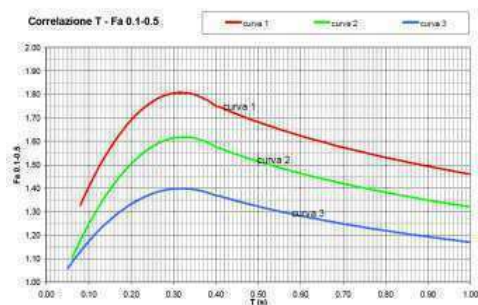
Scelta della curva di riferimento:
CURVA BLU (3)



CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE Fa

Fa per 0.1-0.5 s

Fa per 0.5-1.5 s



Fa = 1.1

Fa = 1.0

INDAGINE F

A- RISULTATI OTTENUTI DALLE INDAGINI IN SITO



N. STRATO	SPESSORE (m)	Vs (m/sec)
1	2.6	288
2	5.6	444
3	> 21.8	1341

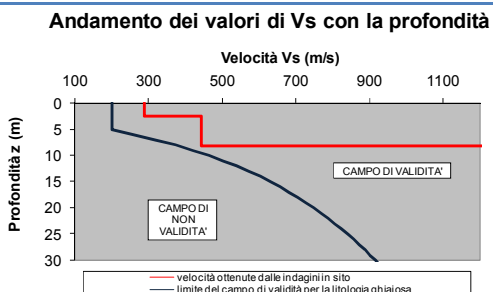
Tipo di suolo calcolato in base alle Vs30: B

Calcolo del periodo T: 0.08

B- VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE Fa

Scheda di valutazione scelta: SCHEDA PER LA LITOLOGIA GHIAIOSA


Validità della scheda in base alle Vs



Andamento dei valori di Vs con la profondità

Legend: — velocità ottenute dalle indagini in sito; — limite del campo di validità per la litologia ghiaiosa

Scelta della curva di riferimento:
CURVA BLU (3)

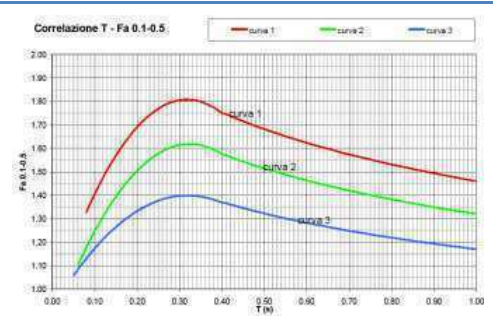


Profondità primo strato (m): 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18

Velocità primo strato (m/s): 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700

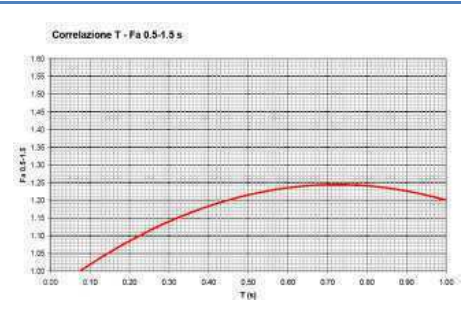
CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE Fa

Fa per 0.1-0.5 s



Fa = 1.1

Fa per 0.5-1.5 s



Fa = 1.0

FASE DI ANALISI

INDAGINE G

A- RISULTATI OTTENUTI DALLE INDAGINI IN SITO



N. STRATO	SPESSORE (m)	Vs (m/sec)
1	0.7	593
2	3.0	577
3	> 26.3	1406

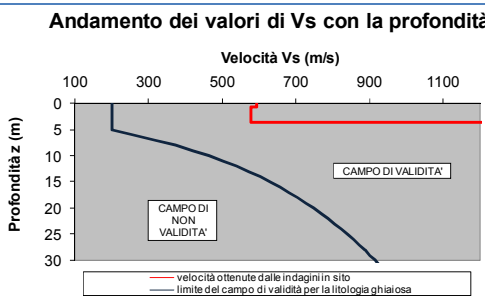
Tipo di suolo calcolato in base alle Vs30: A

Calcolo del periodo T: 0.03

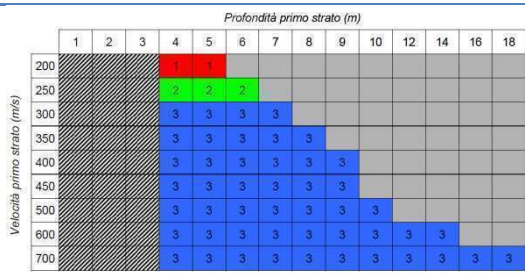
B- VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE Fa

Scheda di valutazione scelta: SCHEDA PER LA LITOLOGIA GHIAIOSA

Validità della scheda in base alle Vs

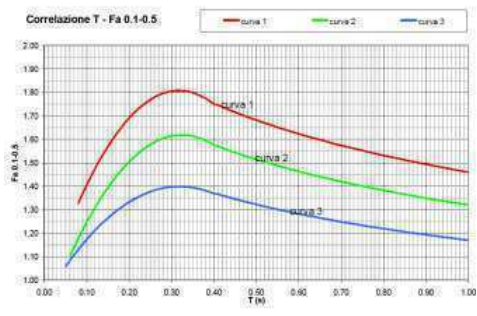


Scelta della curva di riferimento



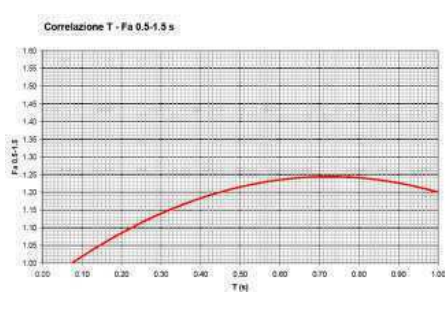
CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE Fa

Fa per 0.1-0.5 s



Fa = 1.0

Fa per 0.5-1.5 s



Fa = 1.0

I valori del Fattore di Amplificazione Fa calcolati devono essere confrontati con i valori di Fa di soglia, considerando il fatto che la procedura proposta dalla Regione Lombardia prevede per il valore di soglia una variabilità di + 0.1.

Di seguito è riportata una tabella riassuntiva di tale confronto.

CONFRONTO CON I VALORI SOGLIA				
INDAGINE E TIPO DI SUOLO	Fa 0.1-0.5 s calcolato	Fa 0.1-0.5 s di soglia	Fa 0.5-1.5 s calcolato	Fa 0.5-1.5 s di soglia
INDAGINE A SUOLO B	1.2	1.5 + 0.1	1.0	1.7 + 0.1
INDAGINE B SUOLO B	1.3	1.5 + 0.1	1.1	1.7 + 0.1
INDAGINE C SUOLO A	1.1	1.0 + 0.1	1.0	1.0 + 0.1
INDAGINE D SUOLO A	1.0	1.0 + 0.1	1.0	1.0 + 0.1
INDAGINE E SUOLO A	1.1	1.0 + 0.1	1.0	1.0 + 0.1
INDAGINE F SUOLO B	1.1	1.5 + 0.1	1.0	1.7 + 0.1
INDAGINE G SUOLO A	1.0	1.0 + 0.1	1.0	1.0 + 0.1

Le indagini condotte dimostrano che la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito per le indagini A, B ed F (le tre indagini si riferiscono al tipo di suolo B). In questo caso si applica quindi lo spettro previsto dalla normativa.

Per quanto riguarda invece le altre indagini, che fanno riferimento al tipo di suolo A, il confronto ha dimostrato che:

- per le indagini D e G i fattori di amplificazioni calcolati sono minori del valore di soglia e quindi la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito;
- per le indagini C, E ed F i fattori di amplificazione calcolati sono al limite della verifica con i valori soglia, per il periodo 0.1-0.5 s, e sono minori del valore di soglia per il periodo 0.5-1.5 s. Considerando la variabilità di 0.1 per il valore soglia risulta che la normativa, seppur al limite della verifica, è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito.

Si sottolinea ancora una volta il fatto che le analisi condotte non caratterizzano l'intero territorio comunale, in quanto localizzate solo in ambiti tipo. In caso di nuova edificazione, si rimanda quindi alla competenza del singolo professionista circa l'approfondimento di indagine per la determinazione dell'amplificazione del sito.

3 FASE DI SINTESI E VALUTAZIONE

La fase di sintesi e di valutazione è definita attraverso la realizzazione di due diverse carte: la carta dei Vincoli e la carta di Sintesi. La carta dei vincoli individua le limitazioni d'uso del territorio che derivano dalle normative in vigore di contenuto prettamente geologico. La carta di sintesi propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica. Entrambe le carte sono state redatte, su tutto il territorio comunale, alla scala 1:5000, utilizzando come base cartografica il volo aereofotogrammetrico del Comune di Caino.

3.1 CARTA DEI VINCOLI

Per la realizzazione della carta dei vincoli del Comune di Caino si sono presi in considerazione le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto prettamente geologico con particolare riferimento a:

- Quadro del dissesto derivante dall'aggiornamento effettuato ai sensi dell'art. 18 delle N.d.A. del PAI: il Comune di Caino risulta tra i Comuni che hanno concluso l'iter di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI così come indicato nella tab. 2 dell'Allegato 13 all'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 Marzo 2005, n.12". Si tenga in considerazione che la perimetrazione delle aree in dissesto è stata ripresa per le zone dell'urbanizzato dalla Carta della Fattibilità del vecchio Studio Geologico del 2005 in scala 1:2.000, e per le aree esterne all'urbanizzato dalla Carta di Delimitazioni delle Aree in dissesto del vecchio Studio Geologico del 2005 in scala 1:10.000 adattando i perimetri alla scala di maggior dettaglio. Eventuali incongruenze con quanto contenuto nella tavola 11 "Carta del Dissesto con legenda Uniformata PAI" redatta alla scala 1:10.000 sono riconducibili alla diversa base cartografica.
- Perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato (PS 267 e successive integrazioni): nel Comune di Caino, lungo il Torrente Garza, sono definite delle aree a rischio idrogeologico molto elevato, codice 031-LO-BS, classificate come ZONA I aree potenzialmente interessate da inondazioni per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o uguale a 50 anni.

Per la redazione della Carta dei Vincoli, e di conseguenza della Carta di Sintesi e delle Carte di Fattibilità in scala 1:5.000 e 1:2.000, si è reso necessario l'adeguamento del perimetro di tali aree ad una scala di maggior dettaglio su volo aereofotogrammetrico, utilizzando come base la perimetrazione contenuta nel Vecchio Studio Geologico del 2005. Eventuali incongruenze con quanto contenuto nella tavola 11 "Carta del Dissesto con legenda Uniformata PAI" redatta alla scala 1:10.000 sono riconducibili alla diversa base cartografica.

- Vincoli di Polizia Idraulica: vengono riportate le fasce di rispetto individuate nello Studio del Reticolo Idrico Minore ai sensi delle d.g.r. 25 gennaio 2002, n.7/7868 e successive modificazioni, redatto dalla società scrivente nel 2007;
- Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile: vengono riportate le aree di tutela assoluta e di rispetto ai sensi del d.lgs. 258/2000, art. 5, comma 4 e successive modifiche ed integrazioni.

A tal proposito si precisa che:

A. Il vecchio Studio Geologico del 2005 perimetrava le aree di salvaguardia delle sorgenti captate dall'acquedotto comunale, sia nella Carta di Sintesi che nella Carta di Fattibilità. Il confronto tra le due carte ha evidenziato alcune differenze nella perimetrazione delle zone di rispetto.

Nelle immagini seguenti vengono riportati lo stralcio della Carta di Sintesi e lo stralcio della Carta di Fattibilità del vecchio Studio Geologico del 2005, nei quali si può notare la diversa perimetrazione delle aree di rispetto delle sorgenti captate dall'acquedotto comunale.

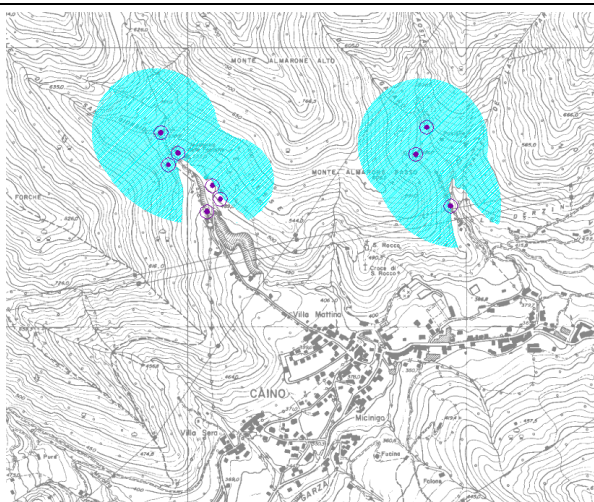


Figura 6 Stralcio della carta di Sintesi del vecchio Studio Geologico Comunale del 2005. In viola è riportata la zona di tutela assoluta, in azzurro la zona di rispetto.

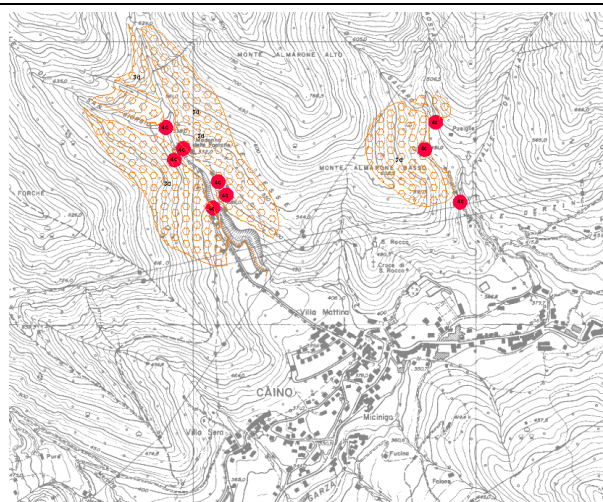


Figura 7 Stralcio della Carta di Fattibilità del vecchio studio Geologico Comunale del 2005. In rosso è riportata la zona di tutela assoluta (classe di fattibilità 4C), in arancio la zona di rispetto (classe di fattibilità 3D).

Nel presente studio le aree di salvaguardia delle captazioni ad uso potabile, individuate con criterio geometrico su volo aereofotogrammetrico, sono state ripериметrate considerando un intorno pari ad almeno 10 metri dall'opera di presa per la zona di tutela assoluta, e un intorno pari ad almeno 200 metri a monte dall'opera di presa per la zona di rispetto (ad eccezione del nuovo pozzo Purè vedi punto successivo).

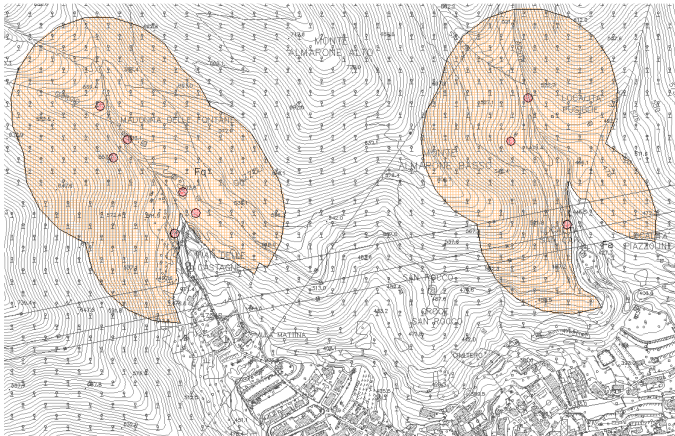
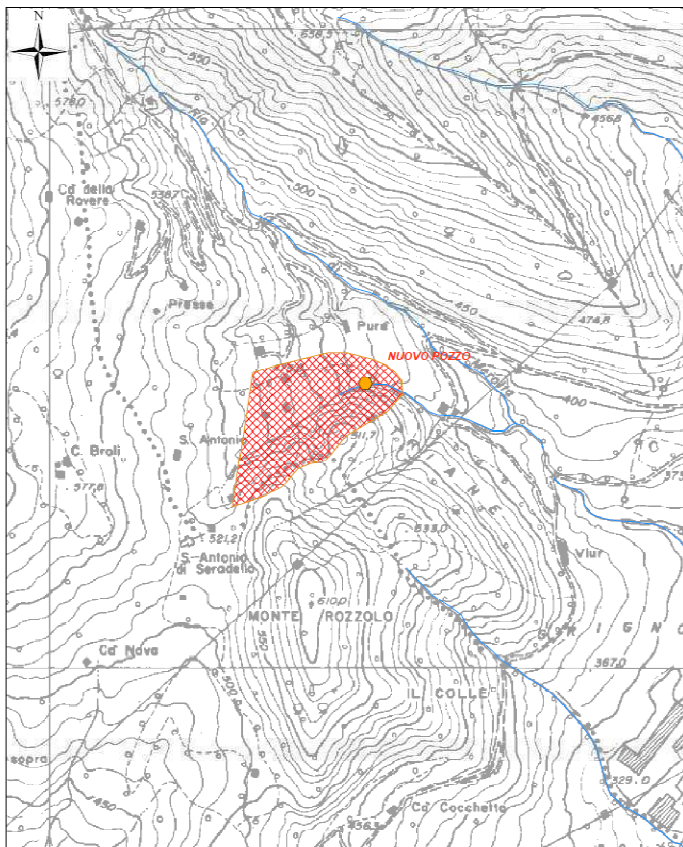




Figura 8 Stralcio della Carta dei Vincoli.
In rosso è riportata la zona di tutela assoluta, in arancio la zona di rispetto.

B. Come già sottolineato, è stata aggiunta alle precedenti l'area di salvaguardia del nuovo pozzo sito in località Purè. Si tenga in considerazione che la "Delimitazione della zona di rispetto del nuovo pozzo Purè" a cura di a2a, utilizza come base Cartografica la Carta Tecnica Regionale, mentre nel presente lavoro tale delimitazione è riportata su volo aereofotogrammetrico. Eventuali piccole differenze nella perimetrazione possono essere riconducibili alle diverse basi cartografiche utilizzate.

Di seguito si riporta lo stralcio dell'elaborato "Delimitazione della zona di rispetto del nuovo pozzo Purè – ex. T.U. 11/12/1993 n.1775; D.G.R. 27/06/1996 n.15137; D.Lgs. n.152/06; D.G.R. 10/04/2003 n. 7/12693; R.R. n. 2 24/03/2006" a cura di a2a.



 - Comune di Caino -		
DELIMITAZIONE DELLA ZONA DI RISPETTO DEL NUOVO POZZO PURE' <small>(ex. T.U. 11/12/1993 n. 1775; D.G.R. 27/06/1996 n. 15137; D.Lgs. n. 152/06; D.G.R. 10.04.2003 n. 7/12693; R.R. n. 2 24/03/2006)</small>		
DELIMITAZIONE DELLA ZONA DI RISPETTO DEL POZZO		
OTTOBRE 2008	SCALA 1:5.000	
A cura di: 		Il Tecnico: <i>Robt. Sacch. Gennio Bissolati</i> <i>Ordine Geologi Lombardia</i> <i>n. 1199 A.P.</i>

La perimetrazione dell'area a cura di a2a, è stata eseguita utilizzando il criterio idrogeologico, che tiene conto dei limiti di flusso idrico sotterraneo poiché si tratta di un pozzo in roccia con morfologia a versante.

Si tenga in considerazione il fatto che tale perimetrazione diventerà efficace a seguito del rilascio del relativo atto autorizzativo da parte dell'Autorità Competente. Fino ad allora i vincoli per tali area devono essere applicati sull'ambito individuabile utilizzando il criterio geometrico.

- Geositi: il Piano Paesaggistico Regionale, approvato dalla Giunta Regionale con deliberazione 16 Gennaio 2008, n.8/6447, ha introdotto i geositi come nuova categoria di tutela e valorizzazione del territorio. Così come indicato nell'Allegato 14 dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del territorio della Regione Lombardia, nel Comune di Caino è presente il geosito "Fauna a pesci Norica di Val Garza".

3.2 CARTA DI SINTESI

La carta di sintesi del Comune di Caino rappresenta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità – vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera. Gli ambiti generali di pericolosità e di vulnerabilità che costituiscono la legenda della carta di sintesi vengono di seguito schematizzati:

- Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti;
- Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico;
- Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico;
- Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche;

Tale carta è stata redatta su tutto il territorio comunale, utilizzando come base la Carta di Sintesi dello Studio Geologico del 2005. Riferendosi ai "Criteri per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica per il Piano di governo del Territorio" della Regione Lombardia, la Carta dello Studio Geologico del 2005 è stata implementata ed integrata.

4 FASE DI PROPOSTA

4.1 CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA

La Carta di Fattibilità Geologica per le azioni di piano fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, tenendo conto delle informazioni contenute nella Carta dei Vincoli e nella Carta di Sintesi, ed attribuendo i diversi valori di classe di Fattibilità. La carta deve essere utilizzata congiuntamente alle “Norme geologiche di Piano” che ne riportano la relativa normativa d'uso.

La documentazione geologica di base utilizzata è quella relativa allo Studio Geologico Comunale del 2005, documentazione integrata e rivista, apportando le seguenti modifiche:

- Nel vecchio Studio Geologico del 2005 venivano classificate come classe di fattibilità 4B sia le aree di frana attiva, così come indicato nella carta del dissesto con legenda uniformata PAI, sia le pareti in roccia possibile origine di crolli. Nel nuovo studio si è deciso di inserire tali areali in due sottoclassi diverse: la classe 4B per le frane attive così come indicato nella carta del dissesto con legenda uniformata PAI, e la classe 4B* per le aree interessate da possibili crolli in roccia. Inoltre per quest'ultima classe si sottolinea il fatto che, oltre agli areali già inseriti in classe 4B nel vecchio studio Geologico del 2005 non classificati come frana attiva nella carta del dissesto con legenda uniformata PAI, sono stati aggiunti tutti gli areali classificati come “Versante e/o parete in roccia origine di crolli diffusi di singoli massi” nella Carta Geomorfologica.
- Nel vecchio Studio Geologico del 2005 erano state inserite in classe 4A le aree considerate “Fascia di rispetto dei corsi d'acqua”. Poiché nel 2007 è stato redatto lo “Studio per la definizione del Reticolo Idrico Minore e le rispettive fasce di rispetto in osservanza della D.G.R. n.VII/7868 del 25 gennaio 2002 e successive modifiche (D.G.R. n. VII/13950 del 1 Agosto 2008)”, nella nuova carta di fattibilità la classe 4A è stata modificata, recependo la perimetrazione delle fasce di rispetto dello studio del 2007 di cui sopra. A seguito di questa modifica si precisa che le aree che erano inserite in classe 4A nel vecchio Studio Geologico del 2005, che risultano esterne alle fasce perimetrate nello Studio del Reticolo Idrico Minore del 2007 e quindi esterne alla nuova classe 4A, sono state inserite in alcuni casi in classe 3A specialmente nelle zone interferenti con l'urbanizzato, o in altre classi di fattibilità coerentemente a quanto contenuto nella carta di Sintesi.

Di seguito, a titolo di esempio, vengono riportati alcuni stralci della Carte di Fattibilità del vecchio e del nuovo Studio Geologico, nei quali vengono evidenziati gli areali classificati come 4A nel vecchio studio e come 3A, poiché esterne alle fasce del reticolo Idrico Minore, nel nuovo studio. Per una maggior chiarezza nelle immagini sottostanti non sono stati riportati i perimetri relativi alla classe 3E4, conoidi di deiezione allo stato quiescente, che comunque non interferiscono con gli areali evidenziati.

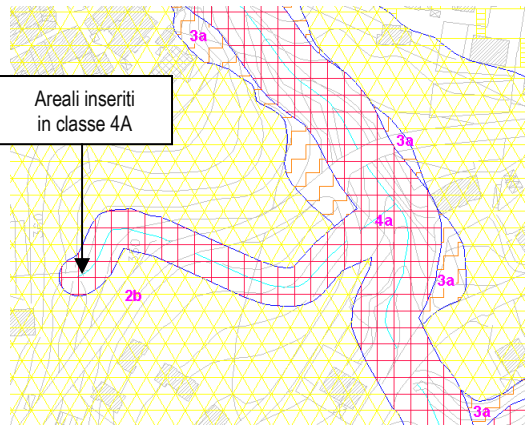


Figura 9 Stralcio della Carta di Fattibilità del Vecchio Studio Geologico del 2005

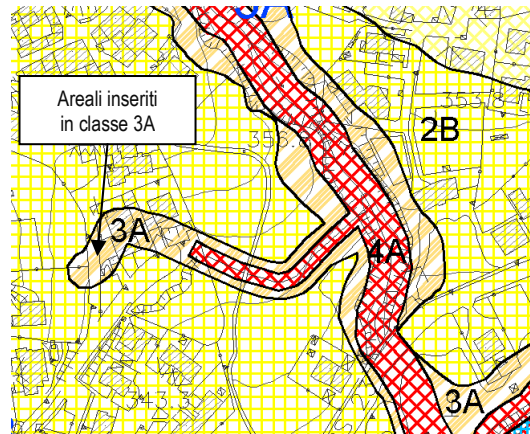


Figura 10 Stralcio della Carta di Fattibilità del Nuovo Studio Geologico

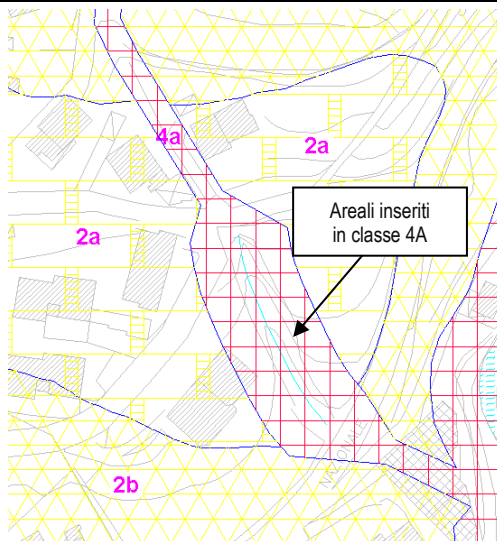


Figura 11 Stralcio della Carta di Fattibilità del Vecchio Studio Geologico del 2005

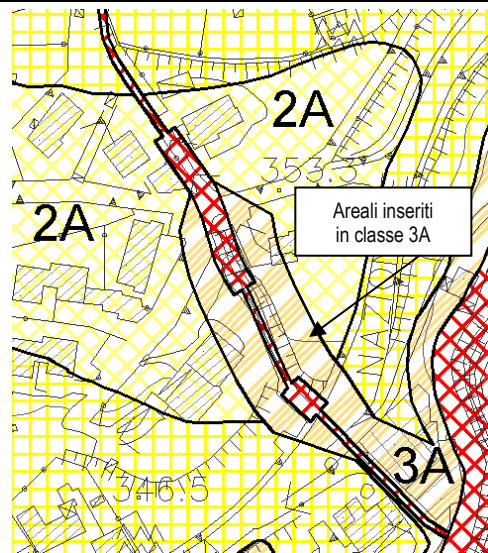


Figura 12 Stralcio della Carta di Fattibilità del Nuovo Studio Geologico

- Nella carta di Fattibilità del Vecchio Studio Geologico del 2005 in scala 1:2.000, l'edificio di coordinate 1602740-5051835 risultava parzialmente inserito nella classe di Fattibilità 3E1 (Zona I delle aree a rischio idrogeologico molto elevato). Poiché tale edificio non risultava inserito in tale area né nella Carta di Fattibilità in scala 1:5.000 e nella Carta di Delimitazione delle Aree in Dissesto del Vecchio Studio Geologico del 2005, né nella Carta di Delimitazione delle aree a rischio dello studio Idrraulico del 2003, e tanto meno nel Sito della Regione Lombardia – Studi Geologici Comunali – PAI aggiornato, si è deciso di escludere tale edificio dalla classe 3E1. Di seguito vengono riportati gli stralci delle diverse perimetrazioni inerenti l'edificio in esame e la relativa perimetrazione nella Carta di Fattibilità.

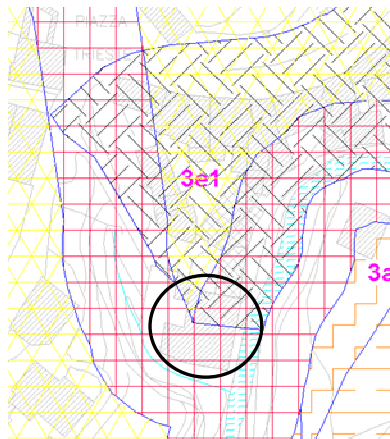


Figura 13 Stralcio della Carta di Fattibilità in scala 1:2.000 del Vecchio Studio Geologico del 2005. L'edificio in esame è parzialmente inserito nella Classe 3e1 corrispondente alla Zona I delle aree a rischio idrogeologico molto elevato.

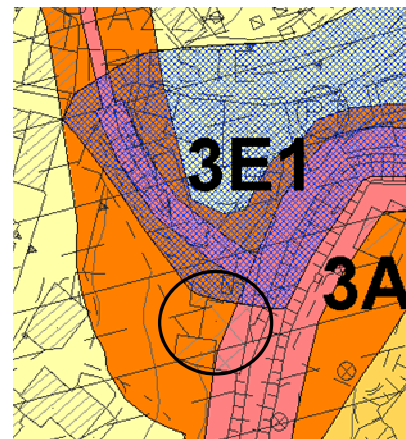


Figura 14 Stralcio della Carta di Fattibilità in scala 1:5.000 e 1:2.000 del Nuovo Studio Geologico. L'edificio in esame è esterno alla Classe 3E1 corrispondente alla Zona I delle aree a rischio idrogeologico molto elevato.

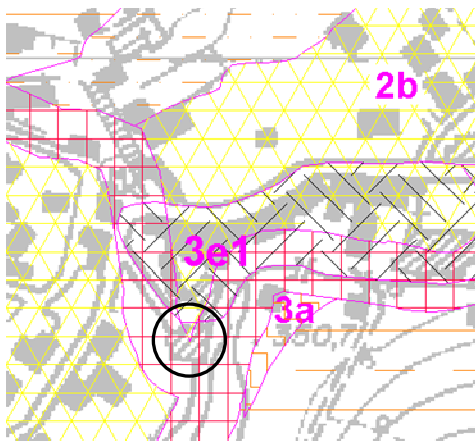


Figura 15 Stralcio della Carta di Fattibilità in scala 1:5.000 del Vecchio Studio Geologico del 2005. L'edificio in esame è esterno alla classe 3e1 corrispondente alla Zona I delle aree a rischio idrogeologico molto elevato.

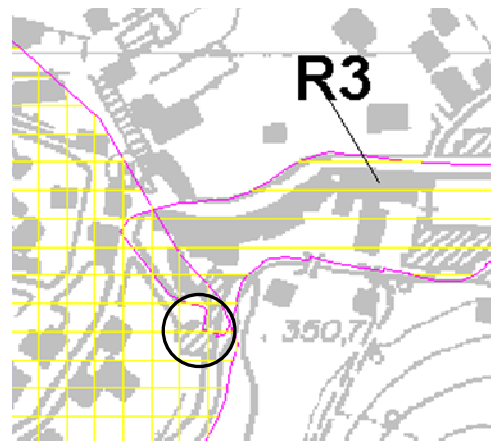


Figura 16 Stralcio della Carta di Delimitazione delle Aree in Dissesto in scala 1:5.000 del Vecchio Studio Geologico del 2005. L'edificio in esame è esterno alla classe R3 corrispondente alla Zona I delle aree a rischio idrogeologico molto elevato.

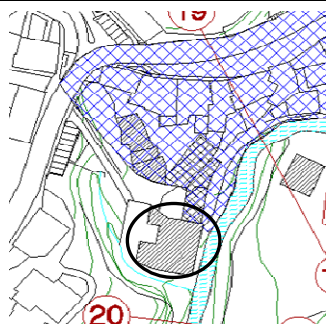


Figura 17 Stralcio della Carta di Delimitazione delle Aree a rischio dello studio Idraulico del 2003. L'edificio in esame è esterno alla Zona I delle aree a rischio idrogeologico molto elevato.

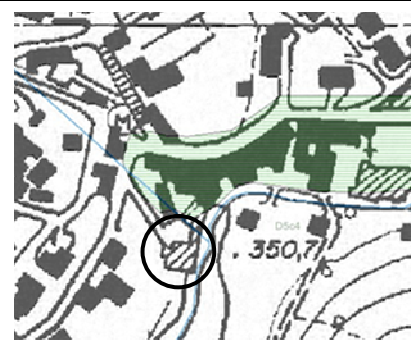


Figura 18 Stralcio tratto dal Sito della Regione Lombardia - Studi Geologici Comunali - PAI aggiornato. L'edificio in esame è esterno alla Zona I delle aree a rischio idrogeologico molto elevato.

- Per quanto riguarda l'area a ovest della località Arche, compresa tra i due torrenti e classificata in questo studio come 2B, si precisa che la perimetrazione di tale area ricalca quella della Carta di Fattibilità in scala 1:2.000 del vecchio Studio Geologico del 2005. Tuttavia si fa presente che nella Carta di Fattibilità in scala 1:5.000 del vecchio Studio Geologico tale area risultava inserita in classe 3A e non in classe 2B come nella stessa carta in scala 1:2.000. Si è scelto di mantenere la classificazione della Carta di Fattibilità del vecchio Studio Geologico alla scala 1:2.000 poiché tale carta utilizzava una base cartografica di maggior dettaglio.
- Nella nuova Carta di Fattibilità, in accordo con quanto contenuto nei "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" e successivi aggiornamenti di cui alla D.G.R. 28 Maggio 2008, n. 8/73742", non vengono individuati i perimetri delle aree di tutela assoluta e di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile, in quanto già soggette a specifica normativa (cfr Tavola 06 Carta dei Vincoli). A seguito di quanto appena premesso, rispetto al vecchio Studio Geologico del 2005, le aree comprese nei perimetri delle zone di tutela assoluta e di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile, sono state inserite nelle classi di fattibilità corrispondenti alle caratteristiche geologiche presenti in sito.

Si ritiene opportuno sottolineare il fatto che la redazione della Carta di Fattibilità in scala 1:5.000 e in scala 1:2000, pur ricalcando le perimetrazioni utilizzate nel vecchio Studio Geologico del 2005, a meno delle modifiche di cui sopra, è stata eseguita utilizzando come base cartografica il nuovo volo aereofotogrammetrico del Comune di Caino. A seguito di ciò alcune variazioni sono attribuibili alla diverse cartografie di base, che nel vecchio studio risultavano essere la Carta Tecnica Regionale (CTR), ed un volo datato.

Come richiesto dalla Regione Lombardia per l'aggiornamento del Mosaico della Fattibilità del SIT regionale la carta di fattibilità (cfr Tavola 10) è stata prodotta anche in scala 1:10.000 utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale. Tale cartografia rappresenta esclusivamente un inquadramento generale della classi di fattibilità, ed eventuali incongruenze con la cartografia di maggior dettaglio sono riconducibili alla diversa base cartografica.

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva delle diverse classi e sottoclassi di fattibilità individuate nel territorio comunale di Caino, con l'indicazione delle norme di riferimento e della classificazione delle aree interessate da dissesto idrogeologico (PAI).

CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA	DESCRIZIONE	NORMA DI RIFERIMENTO	CLASSIFICAZIONE AREE INTERESSATE DA DISSESTO IDROGEOLOGICO (PAI)
2A	Aree da pianeggianti a debolmente acclivi (pendenza inferiore del 20%) con presenza di scarpate antropiche e/o irregolarità morfologiche. Spessore contenuto dei depositi superficiali o substrato roccioso subaffiorante.	Si applica la norma relativa alla classe 2A di cui alle Norme geologiche di Piano	---
2B	Aree debolmente acclivi (pendenza inferiore del 20%) con presenza di scarpate antropiche e/o irregolarità morfologiche. Depositi superficiali dalle caratteristiche geotecniche variabili da mediocri a scadenti.	Si applica la norma relativa alla classe 2B di cui alle Norme geologiche di Piano	---
3A	Aree a fregio a corsi d'acqua o prossime a scarpate morfologiche interessate da fenomeni di franamento per instabilità dovuta all'elevata energia di rilievo. Aree acclivi con presenza di coperture detritiche superficiali dalle caratteristiche geotecniche da mediocri a scadenti.	Si applica la norma relativa alla classe 3A di cui alle Norme geologiche di Piano	---
3B	Aree acclivi con presenza di coperture detritiche superficiali dalle caratteristiche geotecniche da mediocri a scadenti. Aree potenzialmente interessate da fenomeni di dissesto idrogeologico.	Si applica la norma relativa alla classe 3B di cui alle Norme geologiche di Piano	---
3C	Aree acclivi o fortemente acclivi; non presentano fenomeni di dissesto. Spessore limitato dei depositi superficiali o substrato roccioso affiorante.	Si applica la norma relativa alla classe 3C di cui alle Norme geologiche di Piano	---
3E1	Zona I del PAI. Areali per i quali è confermato il "Rischio elevato R3" dallo studio idraulico.	Si applicano le norme della classe R3 dello Studio Idraulico	Zona I
3E2	Zona I del PAI. Areali per i quali è confermato il "Rischio medio R2" dallo studio idraulico.	Si applicano le norme della classe R2 dello Studio Idraulico	Zona I
3E3	Zona I del PAI. Areali per i quali lo Studio Idraulico ha riconosciuto l'assenza di rischio.	Si applicano le norme della classe R2 dello Studio Idraulico	Zona I
3E4	Conoidi di deiezione allo stato quiescente. Areali per i quali permane, ancorché remoto, rischio di fluitazione.	Si applica la norma relativa alla classe 3E4 di cui alle Norme geologiche di Piano	Cn
4A	Fascia di rispetto del reticolo idrico.	Si applicano le norme del regolamento di polizia idraulica dello Studio per la definizione del reticolo Idrico Minore	---
4B	Frane attive.	Si applicano le norme di cui all'art.9, comma 2 delle NTA del PAI	Fa
4B*	Versante e/o parete in roccia origine di crolli diffusi di singoli massi.	Si applica la norma relativa alla classe 4B* di cui alle Norme geologiche di Piano	---

4.2 AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO (cod. 031-LO-BS)

Per quanto riguarda le aree prospicienti al Torrente Garza, classificate come Zona I delle Aree a Rischio Idrogeologico molto elevato, al momento della redazione del presente studio si è preso atto che:

- Nello Studio Idraulico “Aree a rischio idrogeologico molto elevato nel centro edificato del Comune di Caino” redatto dal Prof. Ing. Baldassarre Bacchi e dal Dott. Ing. Sergio Taccolini nell’anno 2003, venivano perimetrate le diverse zone di rischio, classificate come R1, R2 e R3;
- Nello Studio Geologico “Indagine geologica a supporto delle scelte di PRG. Ex Artt. 2 e 3 L.R. 24 Novembre 1997 n. 41, D.G.R. 6 agosto 1998 n. VI/37918, D.G.R. 29 Ottobre 2001 n.7/6645, nonché per l’aggiornamento del quadro di dissesto del PAI adottato ai sensi dell’art. 17, comma 5 L. 18 maggio 1989 n. 183 con d.G.R. 11 dicembre 2001, n. 7/7365”, redatto nell’anno 2005 dal Dott. Geol. Mario Pesce, veniva recepita la perimetrazione del rischio come riportata nello Studio Idraulico di cui sopra, inserendo a favore della sicurezza, anche le aree per le quali lo Studio Idraulico ha riconosciuto l’assenza di rischio;
- Sono stati eseguiti i lavori di mitigazione del rischio lungo le sponde del Torrente Garza, così come definito nel progetto “Intervento di sistemazione idraulica lungo l’asta del Torrente Garza nel centro abitato di Caino”, e che per tali opere è stata eseguita un’unica variante rispetto ai progetti approvati che risulta di poca entità e che non ha apportato alcuna variazione alle condizioni di rischio definite;
- A seguito della conclusione delle opere è stato prodotto il certificato di collaudo delle stesse che si allega alla presente (cfr Allegato 2);
- Lo Studio Idraulico del 2003, così come lo Studio Geologico del 2005 congiuntamente ai pareri della Regione Lombardia (prot. n. ZI.2005.0015801 e prot. n. ZI.2006.008798), ritenevano applicabile la normativa di uso del suolo per le zone a rischio R1, R2 e R3 dello Studio Idraulico una volta realizzate le opere di regimazione idraulica ed ad avvenuto collaudo.

In considerazione di quanto sopra esposto ed in ragione di quanto contenuto all’art. 51 delle Norme di Attuazione del PAI, si è provveduto nel presente studio, ad adottare la perimetrazione del rischio così come riportata nella Carta di Fattibilità (cfr Tavola 08 e Tavole 09.A e 09.B) conformemente agli atti adottati dal Comune di Caino, ed attribuendo alle classi di fattibilità 3E3 e 3E2 la norma della classe R2 dello studio Idraulico, e alla classe di fattibilità 3E1 la norma della classe R3 dello Studio Idraulico.

4.3 CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI

In riferimento alla D.G.R. n. 8/7374 del 28 Maggio 2008, il Comune di Caino ricade nella Tabella 2 “Individuazione dei comuni compresi nella D.G.R. n.7/7365 del 11 Dicembre 2001, che hanno concluso l’iter di cui all’art. 18 delle N.d.A. del PAI”.

Inoltre, stante la situazione del quadro geologico comunale si è deciso, con il presente aggiornamento allo studio geologico, di non modificare le aree in dissesto.

A seguito di queste considerazioni non si è resa necessaria la redazione di una nuova Carta del dissesto con legenda uniformata PAI (Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico redatto dell’Autorità di Bacino del fiume Po), ma si è proceduto a riportare quanto contenuto nel sito della Regione Lombardia – Studi Geologici Comunali – PAI aggiornato in scala 1:10.000 utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale.

ALLEGATO 1

Sommario

ALLEGATO 1 -INDAGINI SISMICHE-	2
1.1 PREMESSA.....	2
1.2 METODI DI PROSPEZIONE BASATI SULLE ONDE DI SUPERFICIE	2
1.2.1 INTRODUZIONE	2
1.2.2 PROCEDURE E TIPOLOGIE DEI METODI DI PROSPEZIONE	2
1.2.3 SISMICA CON LE ONDE DI SUPERFICIE	4
1.2.4 ACQUISIZIONE DATI COL METODO ATTIVO MASW	5
1.3 STRUMENTAZIONE E SOFTWARE PER L'INTERPRETAZIONE DEI DATI	8
1.3.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	8
1.3.2 IL SOFTWARE PER L'INTERPRETAZIONE DEI DATI SISMICI.....	9
1.4 CAMPAGNA DI MISURE SISMICHE	10
1.5 UBICAZIONE INDAGINI.....	12
1.6 ELABORAZIONE DATI ACQUISITI.....	13
1.6.1 INDAGINE A.....	13
1.6.2 INDAGINE B.....	15
1.6.3 INDAGINE C	17
1.6.4 INDAGINE D	19
1.6.5 INDAGINE E.....	21
1.6.6 INDAGINE F.....	23
1.6.7 INDAGINE G	25
1.1 RISULTATI INDAGINI: RIEPILOGO.....	27

ALLEGATO 1 -INDAGINI SISMICHE-

1.1 PREMESSA

Nel presente allegato vengono illustrati i metodi di prospezione sismica, la strumentazione, il software per l'interpretazione dei dati e i risultati delle indagini eseguite nella campagna di misure sismiche, finalizzata ad ottenere i parametri necessari per l'analisi di 2° livello per lo scenario di amplificazione litologica Z4.

1.2 METODI DI PROSPEZIONE BASATI SULLE ONDE DI SUPERFICIE

1.2.1 INTRODUZIONE

La necessità della classificazione dei sottosuoli imposta dalla nuova normativa rende l'uso delle onde di superficie per la caratterizzazione sismica di un sito un metodo molto utile, anche in considerazione della relativa semplicità di utilizzo propria delle tecniche non invasive. Questi metodi si basano sulla dispersione geometrica delle onde superficiali: osservando le caratteristiche dispersive del sito e applicando opportune tecniche di inversione è possibile stimare alcune proprietà meccaniche del sottosuolo in condizioni di sollecitazione sismica.

1.2.2 PROCEDURE E TIPOLOGIE DEI METODI DI PROSPEZIONE

I metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie, si basano su modelli fisico-matematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati sovrapposti con caratteristiche elastiche lineari. Per ogni strato si devono definire quattro parametri:

- Spessore dello strato, ad esclusione dell'ultimo considerato infinito
- Densità dello strato
- Velocità di propagazione nello strato delle onde di taglio V_s
- Coefficiente di Poisson

Gli ultimi due parametri riguardano le caratteristiche elastiche, a tal proposito si deve specificare che sono possibili altre coppie di valori, come ad esempio le costanti di Lamè, o il modulo di taglio e il modulo di volume (bulk modulus). A partire dai parametri del sottosuolo è poi possibile ricavare le proprietà dispersive delle onde di Rayleigh, per il sito in esame. Nella figura sotto riportata viene schematizzato il procedimento:

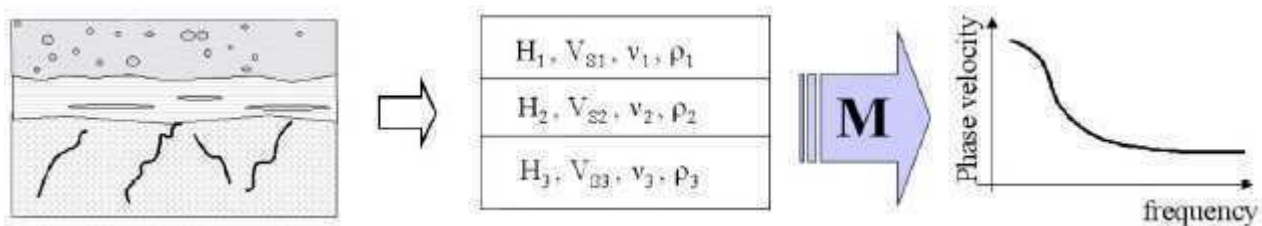


Figura 1 Schema della procedura di modellazione delle proprietà dispersive delle onde di Rayleigh di un terreno stratificato (problema diretto)

Quanto detto rappresenta il *problema diretto*: quello cioè che a partire dalla conoscenza delle caratteristiche del terreno permette di descrivere la dispersione delle onde di Rayleigh. Nella prospezione occorre invece affrontare il *problema inverso*: nel quale a partire dalla curva di dispersione rilevata, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri meccanici e sismici. Nel suo insieme, la procedura utilizzata dai metodi di prospezione può essere suddivisa in tre fasi:

- **Acquisizione**: registrazione e osservazione dei dati sismici “grezzi” contenenti onde di Rayleigh per un intervallo sufficientemente ampio di frequenze
- **Processing**: trattamento dei dati attraverso filtraggio e altre tecniche finalizzate all'estrazione delle caratteristiche di dispersione in particolare espresse come velocità di fase in funzione della frequenza
- **Inversione**: utilizzazione del modello del terreno per ricavare un profilo monodimensionale con la velocità delle onde S ed altri parametri in funzione della profondità

Sfruttando quindi le relazioni che legano le proprietà meccaniche alla dispersione frequenziale e mediante un modello che approssima la stratificazione del sito, si ottiene come risultato un profilo verticale monodimensionale per la velocità delle onde S simile a quello riportato, a titolo esemplificativo, nella figura sotto riportata:

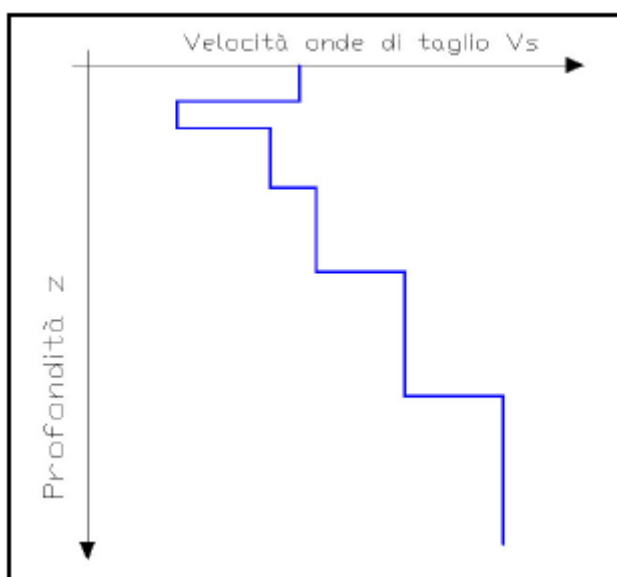


Figura 2 Esempio di profilo monodimensionale verticale della velocità V_s delle onde di taglio

E' importante distinguere fra loro i metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie in base al tipo di sorgente con la quale viene prodotta la perturbazione sismica da osservare. A tale proposito si parla di *metodi attivi* e *metodi passivi*. Con la prima denominazione si indicano quei metodi nei quali il terreno è energizzato con una sorgente artificiale appositamente creata per registrarne la perturbazione. I modi possibili per fare ciò sono molti, ad esempio la mazza battente di almeno 5 kg, esplosivo di vario tipo, il fucile sismico, un generatore di onde elastiche. I metodi di indagine passivi, al contrario, non usano alcuna sorgente di energizzazione ma registrano un segnale di maggiore durata generato da qualsiasi tipo di attività, antropica e non. In sostanza i microtremiti generati

dall'ambiente e in superficie, presenti soprattutto in contesti urbani, sostituiscono la sorgente puntuale rendendo possibili misure in siti particolarmente rumorosi. Il risultato è una informazione necessariamente diversa rispetto a quello dei metodi attivi e i dati richiedono dunque un altro tipo di processing.

Le indagini oggetto del presente lavoro sono state effettuate con il solo metodo attivo, MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) (Park et al.1999).

1.2.3 SISMICA CON LE ONDE DI SUPERFICIE

Le Onde superficiali sono generate dall'interferenza di Onde P ed Onde S alla superficie libera della Terra. Esistono due modalità di propagazione delle onde superficiali: Le Onde di Rayleigh e le Onde di Love. Le prime producono dei movimenti ellittici delle parti di terreno investite dalla perturbazione e sono condizionate dalle Vs, dalle Vp, dallo spessore dello strato e dalla densità. Le seconde generano un moto orizzontale del terreno e sono costituite da Onde S vincolate a muoversi sulla superficie di un terreno e si manifestano ogni volta che nel sottosuolo è presente una variazione di velocità del Onde S con la profondità.

Le Onde superficiali costituiscono la parte più energetica della registrazione sismografica. Questa caratteristica è legata al fatto che l'energia delle onde superficiali si propaga nelle vicinanze della superficie del terreno riducendone l'attenuazione per spargimento geometrico. L'energia trasportata dalle Onde superficiali è concentrata alla superficie e si attenua esponenzialmente con la profondità. Le Onde caratterizzate da periodi maggiori (bassa frequenza) penetrano maggiormente nel sottosuolo, pertanto se le proprietà meccaniche del sottosuolo variano con la profondità, le velocità di propagazione di onde caratterizzate da periodi di oscillazione differenti saranno diverse (dispersione). L'andamento delle velocità di propagazione delle onde superficiali in funzione della frequenza o del periodo di vibrazione, prende il nome di Curva di Dispersione ed è caratteristica della specifica situazione stratigrafica del sito indagato.

L'impiego delle Onde superficiali per la caratterizzazione dinamica dei terreni richiede:

- la determinazione su base sperimentale della curva di dispersione;
- l'inversione della curva di dispersione, ovvero la sua interpretazione in funzione delle caratteristiche del sottosuolo ed in particolare del profilo di velocità delle onde S.

La curva di dispersione delle Onde superficiali viene ricavata utilizzando un insieme di geofoni (antenne sismiche, Array) allineati lungo la direzione di propagazione delle onde. Utilizzando questa configurazione (MASW), la varie parti della curva di dispersione sono ricostruite utilizzando le differenze di fase misurate alle diverse frequenze fra tutte le coppie di geofoni dell'antenna sismica. La ricostruzione della curva di dispersione può essere effettuata utilizzando una procedura numerica detta "slant stack". In pratica viene valutata l'energia associata alle diverse possibili combinazioni di velocità di fase e periodo a partire dalla analisi combinata delle diverse registrazioni. Utilizzando geofoni verticali è possibile risalire alla curva di dispersione delle Onde di Rayleigh. Utilizzando invece

geofoni orizzontali posizionati in direzione perpendicolare a quella di propagazione è possibile risalire alla curva di dispersione delle Onde di Love.

Una volta determinata la curva di dispersione è necessario risalire al profilo di velocità responsabile dell'andamento osservato. Nella maggior parte dei terreni il rapporto fra Velocità Onde S e quella delle Onde di Rayleigh è pari a 1,09. Inoltre si considera che lo spessore H dello strato campionato dalle Onde di Rayleigh di frequenza f è circa pari a:

$$H = \lambda(f)/3 = V_r(f)/3f$$

V_r rappresenta la Velocità di Fase stimata dalla curva di dispersione, rappresentativa della Velocità media delle Onde S entro una profondità H. Quindi una rappresentazione della curva di dispersione in un grafico (λ, V_r) dà delle prime indicazioni sulla struttura di velocità del sottosuolo.

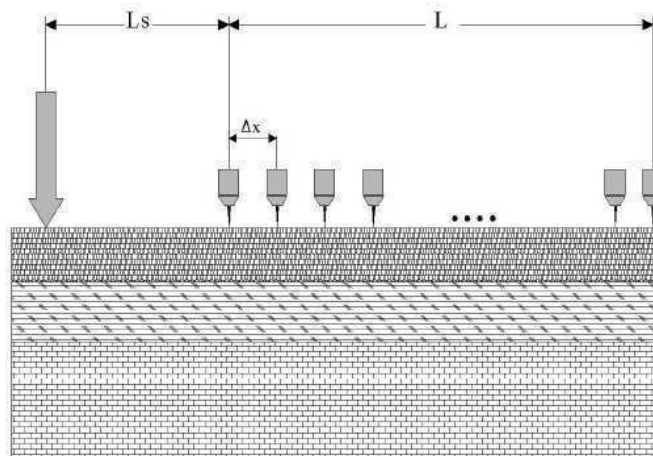
Questo tipo di rappresentazione consente una prima interpretazione del dato sperimentale, da raffinare con apposte metodologie di inversione, ovvero di procedure atte a risalire dalla curva di dispersione al profilo di velocità delle onde S nel sottosuolo analizzato. La procedura MASW viene presentata nel 1999 in seguito agli studi effettuati dal Kansas Geological Survey. È un metodo di prospezione sismica che utilizza le onde di superficie e si propone di superare i limiti di una precedente tecnica denominata SASW. Quest'ultimo metodo richiede delle procedure di prospezione piuttosto complicate e può risultare inefficace o non molto affidabile in situazioni particolarmente rumorose. L'acquisizione simultanea di molti canali, che aumentano la ridondanza statistica, insieme alla semplicità delle operazioni, permettono al MASW di superare pienamente le precedenti limitazioni. Come già detto, il MASW viene classificato come metodo attivo in quanto necessita di una sorgente per l'energizzazione. Una volta acquisiti i dati in sito, si procede al processing basato sul calcolo dello spettro in frequenza ricavando la curva di dispersione frequenziale sperimentale. Successivamente i dati osservati vengono invertiti per ricavare il profilo verticale delle onde di taglio.

1.2.4 ACQUISIZIONE DATI COL METODO ATTIVO MASW

Il rumore ambientale è prodotto da un insieme di perturbazioni che si sommano al segnale coerente della sorgente in ogni acquisizione, rendendone così più difficoltoso il riconoscimento e il trattamento. Il rumore è innanzitutto di tipo casuale (*random noise*), quando si presenta con una distribuzione statistica casuale in termini di distribuzione temporale e di direzione di provenienza. Può esistere rumore sismico dovuto ad attività artificiali o naturali, o rumore elettrico dovuto ai ricevitori ed ai cavi delle strumentazione. Per incrementare il rapporto tra segnale e rumore si può aumentare l'intensità di energizzazione rendendo così la potenza del segnale superiore a quella del rumore. Sfortunatamente questo non è sempre possibile e una buona strategia alternativa risulta essere quella di procedere più volte all'energizzazione e sommare successivamente i segnali in maniera algebrica (tecnica nota con il termine *stacking*). Infatti l'ampiezza del rumore può essere considerata stazionaria mentre la sua fase varia in maniera casuale; chiaramente una somma delle varie registrazioni tende statisticamente ad annullare l'ampiezza del rumore. Affinché questa procedura sia efficace, è necessaria una perfetta sincronizzazione tra le varie energizzazioni (*trigger*), altrimenti nella somma si andrebbe a ridurre anche il segnale utile. Esiste però un altro tipo di rumore, quello

sistematico o *coherent noise*, che non può essere ridotto con la procedura di stacking in quanto nella ripetizione delle registrazioni si ripete anch'esso. Questo tipo di rumore è quindi parte integrante dell'informazione registrata ma non è utile per l'interpretazione. Ogni modello considerato non rappresenta mai il fenomeno di propagazione nella sua completezza ma solo una sua approssimazione, in questo senso tutto ciò che appartiene alla risposta del suolo in seguito all'energizzazione, ma non è considerato dal modello, rappresenta rumore coerente. Nella sismica a riflessione o rifrazione, ad esempio, le onde di superficie vengono considerate un'informazione di disturbo; al contrario, per i metodi basati sulle onde di superficie, il rumore è rappresentato dalle onde P ed S, cioè dalle onde di volume. Per questo motivo si deve tener conto che l'energia associata alle onde di Rayleigh non è sempre dominante su quelle di altri tipi, su tutta la banda delle frequenze; ad esempio è normale che le onde P trasportino più energia per intervalli alle alte frequenze. Un altro caso in cui la registrazione di onde di volume è di particolare disturbo per l'interpretazione, si presenta in siti in cui non è così evidente la differenza di velocità fra i due tipi di onde. Un altro evento sismico da considerare come rumore coerente è l'onda d'aria. La perturbazione acustica generata dall'impatto dalla massa o dall'esplosione in fase di energizzazione, si propaga anche nello strato d'aria immediatamente a contatto con il suolo e quindi con i sensori. Questi ultimi rilevano una vibrazione dalla frequenza abbastanza alta, che si sposta con velocità pressoché costante e pari a quella del suono nell'aria (340 m/s). Separare questa informazione dal segnale utile non è facile mentre la sua individuazione visiva è ben più evidente.

La scelta dei parametri nella fase di acquisizione influenza molto la qualità del dato registrato e quindi anche quella del risultato finale. Gli aspetti su cui è possibile intervenire sono: il tipo, il numero e la posizione dei geofoni; la lunghezza e la spaziatura dello stendimento (*array*), il tipo di energizzazione e la distanza della sorgente dal primo ricevitore; i parametri di campionamento.



Le grandezze citate devono essere valutate in modo tale da rendere più agevole la registrazione del modo fondamentale delle onde di Rayleigh e sfavorevole quello di altre perturbazioni sismiche. Normalmente si accetta l'approssimazione secondo cui la profondità massima di propagazione dell'onda di superficie sia circa uguale alla sua lunghezza λ (Richart et al., 1970). La massima profondità di indagine MASW per la quale calcolare il valore VS può essere paragonato alla metà della lunghezza d'onda λ_{max} misurata dai ricevitori (Park et al., 1999). Quest'ultima in generale è considerata circa pari alla lunghezza L dello stendimento. Attualmente questo limite sembra essere

superato con le moderne tecniche di processing che possono analizzare lunghezze d'onda anche superiori. E' peraltro sconsigliabile preferire stendimenti più corti perché portano comunque ad incertezze maggiori. Con LS si indica la distanza della sorgente dal primo geofono (*source off-set*), Δx è la distanza fra due ricevitori consecutivi. Il modello di analisi delle onde di Rayleigh si basa sulla propagazione di onde piane. Di conseguenza se la distanza LS è troppo piccola, cioè la sorgente è troppo vicina al primo ricevitore, l'approssimazione di onda piana non è più valida ed i risultati non saranno attendibili. Allontanare la sorgente risolve il problema ma solo se si dispone di un metodo di energizzazione sufficientemente potente da essere registrato dagli ultimi geofoni altrimenti troppo lontani e rumorosi. La grandezza Δx è costante per tutti i geofoni e, di solito, può variare da 0,5m fino ad oltre 5m. Le proprietà dello strato di terreno più superficiale sono investigate dalle lunghezze d'onda più piccole, quindi dalle frequenze f più alte. Una spaziatura più grande consente di avere una maggiore risoluzione nella curva di dispersione, ma aumentando il Δx e superando il limite massimo del numero d'onda K , non si ha più certezza del dato misurato. Il limite per K si deduce dal Teorema del campionamento di Nyquist-Shannon ed è pari a $K_{MAX} = 2\pi/\Delta x$ da cui segue anche che $\lambda_{min}=\Delta x$. Questa situazione, specialmente in siti caratterizzati da basse velocità delle onde sismiche, rende difficoltosa la registrazione delle alte frequenze. Diminuendo la spaziatura si possono evitare questi problemi, ma la risoluzione nella curva di dispersione diminuisce, e con essa anche la lunghezza massima L dello stendimento con le conseguenze sopra esposte. Come spesso accade in fase di acquisizione, la soluzione è una mediazione fra i vari effetti, da valutare caso per caso in relazione anche alle conoscenze specifiche del sito in esame. Il numero dei geofoni da utilizzare varia da 12 a 24, in ogni caso meglio optare sempre per la scelta del numero maggiore possibile, sia per garantire una sufficiente lunghezza dello stendimento, sia per avere la maggior ridondanza statistica propria del metodo MASW. La sorgente deve essere collocata esternamente all'array ed in linea con esso. Tipicamente sono gli strati superficiali ad avere le variazioni stratigrafiche più marcate, mentre nella parte più profonda del sottosuolo non ci sono grandi modificazioni. Questo risulta essere un aspetto importante, infatti mentre le alte frequenze portano informazione sugli strati superficiali (variabili lungo l'array), le basse frequenze portano informazione sugli strati più profondi (presumibilmente più stazionari lungo l'array). Meritano un ultimo cenno i parametri di campionamento, meno critici degli altri, ma ugualmente importanti. Facendo ancora riferimento al teorema di Nyquist-Shannon, si può decidere l'intervallo di campionamento in base alla frequenza più alta che si vuole misurare. Nelle esperienze in sito non si arriva quasi mai oltre i 100 Hz e l'informazione da queste frequenze non è particolarmente significativa dato che interessa i primissimi strati superficiali. I valori dell'intervallo di campionamento utilizzati di solito vanno da 0,5 a 2 ms. La lunghezza totale dell'acquisizione in termini di tempo deve permettere di registrare l'intero treno d'onda superficiale (*ground roll*) fino all'ultimo ricevitore, nel suo completo sviluppo e con il naturale smorzamento. Per ottenere ciò sono solitamente sufficienti 2 secondi, ma in caso di terreni particolarmente lenti o array piuttosto lunghi, il tempo della registrazione deve essere maggiore.

1.3 STRUMENTAZIONE E SOFTWARE PER L'INTERPRETAZIONE DEI DATI

1.3.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'indagine effettuata tramite il Metodo della sismica a rifrazione è stata eseguita utilizzando la seguente strumentazione:



Sismografo "ECHO 24/2002 Seismic Unit" 24 canali

- ✓ Intervallo di campionamento 0,296 msec;
- ✓ A/D conversion 16 bit;
- ✓ Gain 10 db – 100db, step 1db;
- ✓ Saturation level 100db;
- ✓ Sampling 130 micro/sec;
- ✓ Frequency response 7 – 950 Hz, filter at 950H;
- ✓ Dynamic range 93db.



Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S.



Geofoni GS20DX, 10 Hz verticali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip doppia MC-20-SP.



Mazza di battuta 8Kg con interruttore starter, piastra di battuta e cavo trigger.

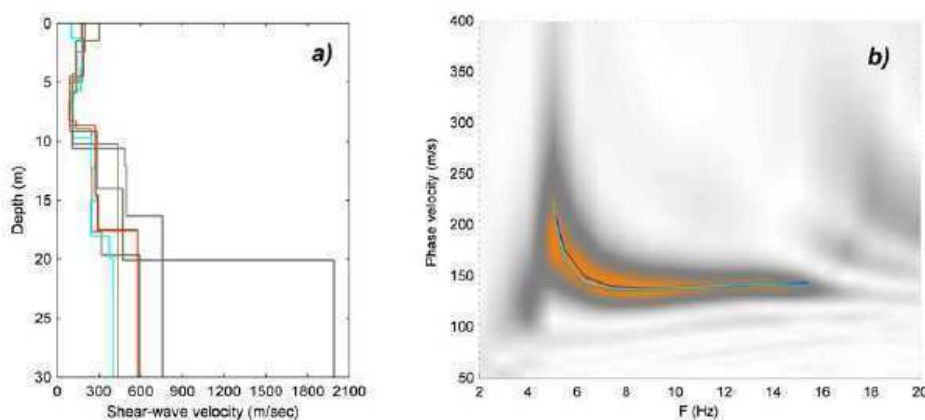
1.3.2 IL SOFTWARE PER L'INTERPRETAZIONE DEI DATI SISMICI

Il software *winMASW* consente di analizzare dati sismici (*common-shot gathers* acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della VS (velocità delle onde di taglio). Tale risultato viene ottenuto tramite inversione (è possibile considerare tanto il modo fondamentale che quelli superiori) delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*). La procedura si sviluppa in due operazioni svolte in successione:

- 1) determinazione dello spettro di velocità (sul quale l'utente deve identificare la curva di dispersione)
- 2) inversione della curva di dispersione (precedentemente individuata) attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.

Gli algoritmi genetici rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche *global-search methods* o *soft computing*). Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza. I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta necessariamente ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale). In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee. Gli algoritmi genetici (come altri analoghi) offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.

Per illustrare questa cosa si riportano qui sotto i profili verticali della VS per 6 modelli (a sinistra) e le relative curve di dispersione nel range 5-16 Hz (a destra).



Come si vede nonostante la significativa diversità dei 6 modelli considerati le risultanti curve di dispersione nel range considerato sono assolutamente analoghe (i dati sono sovrapposti ad uno spettro di velocità osservato in una situazione in cui una sequenza sedimentaria di 18m è sovrapposta ad un *bedrock* calcareo). Mentre in questo tipo di situazioni i metodi di inversione lineare hanno un'altissima probabilità di fallire indicando un modello erraneo, i metodi basati su metodologie di ottimizzazione di tipo "global search" (quali ad esempio gli algoritmi genetici) sono in grado di meglio individuare la soluzione corretta. A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. E' invece necessario definire uno "spazio di ricerca" (*search space*) all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni. Quella finale viene infine proposta con anche una stima della sua attendibilità (*deviazioni standard*) attenuate grazie all'impegno di tecniche statistiche. Il principale punto di forza di *winMASW* è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli possibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità. Tali caratteristiche vengono ottenute a prezzo di uno sforzo computazionale piuttosto intensivo che si riflette in tempi macchina più lunghi rispetto quelli comunemente necessari coi metodi di inversione lineare (che però rischiano appunto di fornire risultati piuttosto imprecisi).

1.4 CAMPAGNA DI MISURE SISMICHE

La profondità di un'indagine è determinata dalla lunghezza dello stendimento, mentre il dettaglio della restituzione interpretativa dipende dall'interspazio dei geofoni. Per l'acquisizione dei dati è stato effettuato, per ogni sito oggetto di probabile espansione, n.°1 profilo sismico a 24 Geofoni della lunghezza di 69 metri, con una spaziatura intergeofonica di 3 metri.





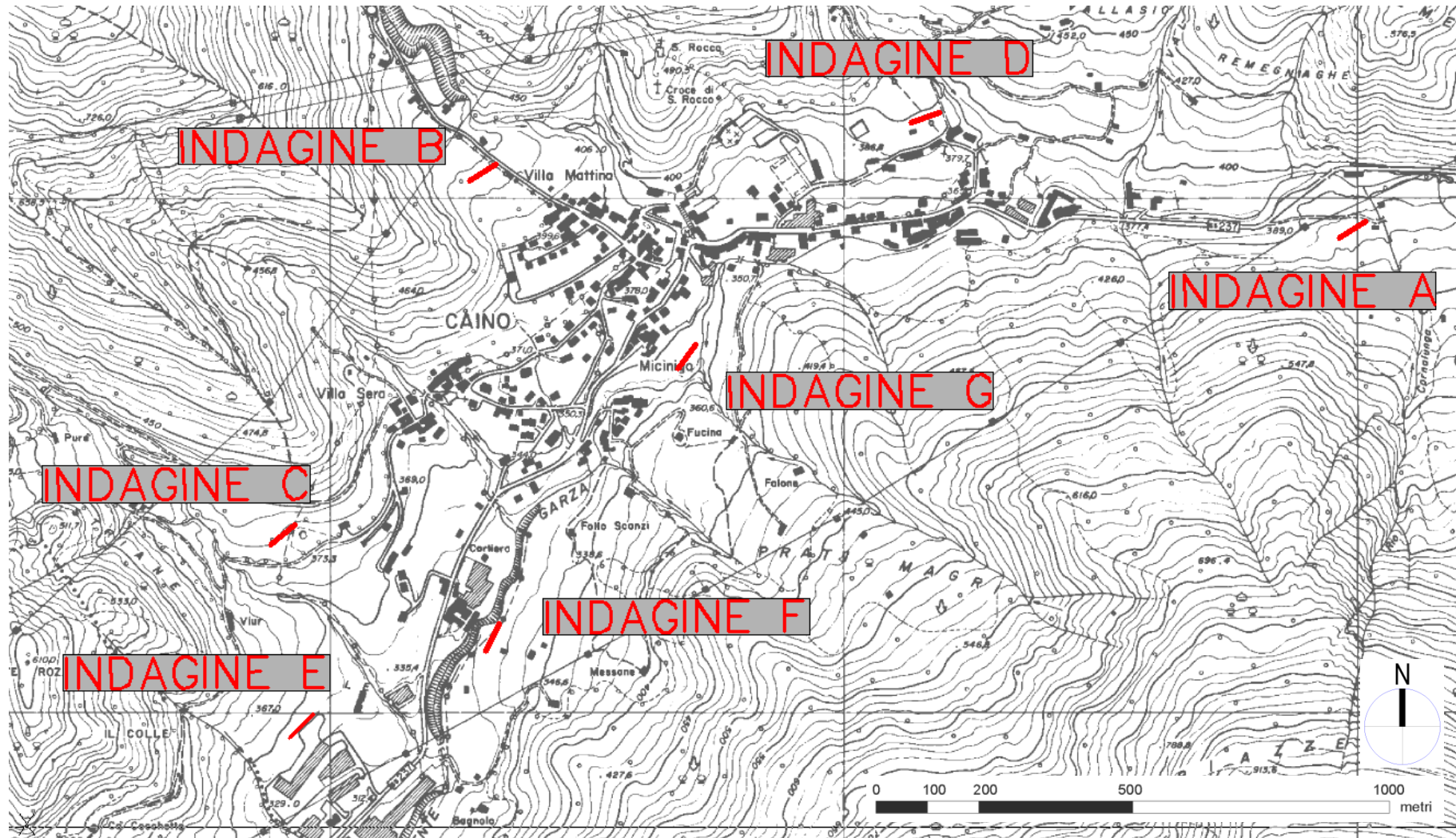
Le sorgenti, di andata e ritorno, sono state poste ad una distanza dal primo ricevitore dello stendimento pari all'interasse Δx tra i ricevitori.

Lo stendimento dei sensori è stato disposto, come in foto, lungo una curva di livello, in direzione perpendicolare alla direzione di massima pendenza.

Una volta stesi i due cavi sismici, di 34,50 metri ciascuno e aver posizionato i 24 geofoni, si è provveduto alla taratura dei parametri di acquisizione dello strumento con alcuni shots di prova.

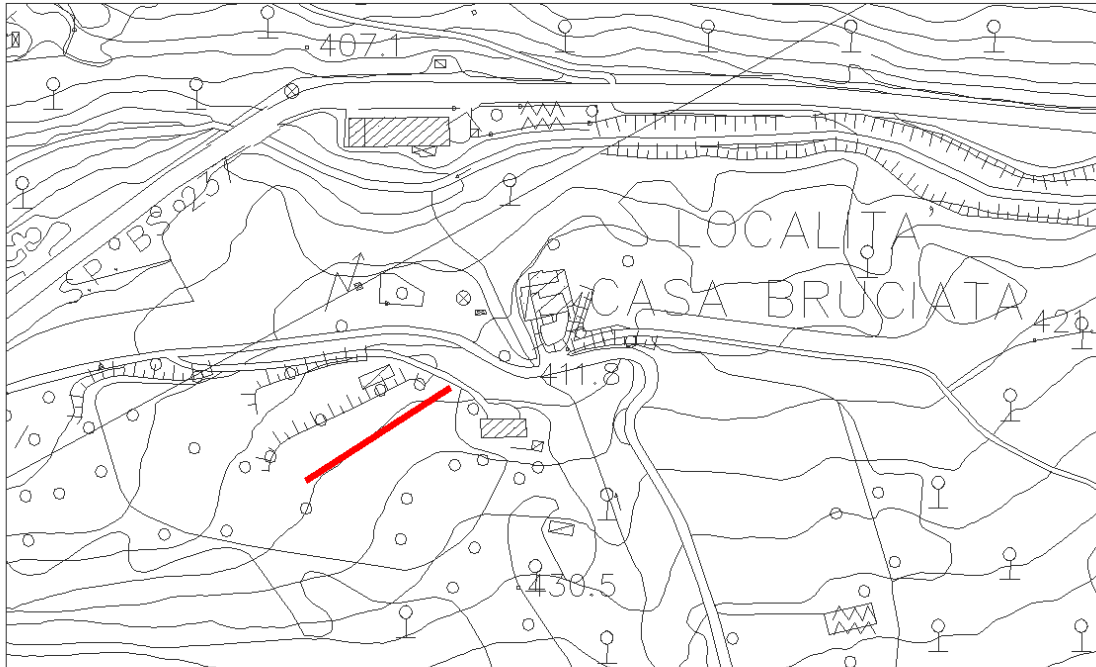
L'energizzazione è stata effettuata attraverso una mazza da 8 Kg che viene fatta collidere con una piastra di battuta posta sul suolo, in modo tale da generare onde elastiche. Alla mazza è collegato un interruttore starter, il quale chiude il circuito al momento della battuta e permette l'acquisizione dei dati.

1.5 UBICAZIONE INDAGINI

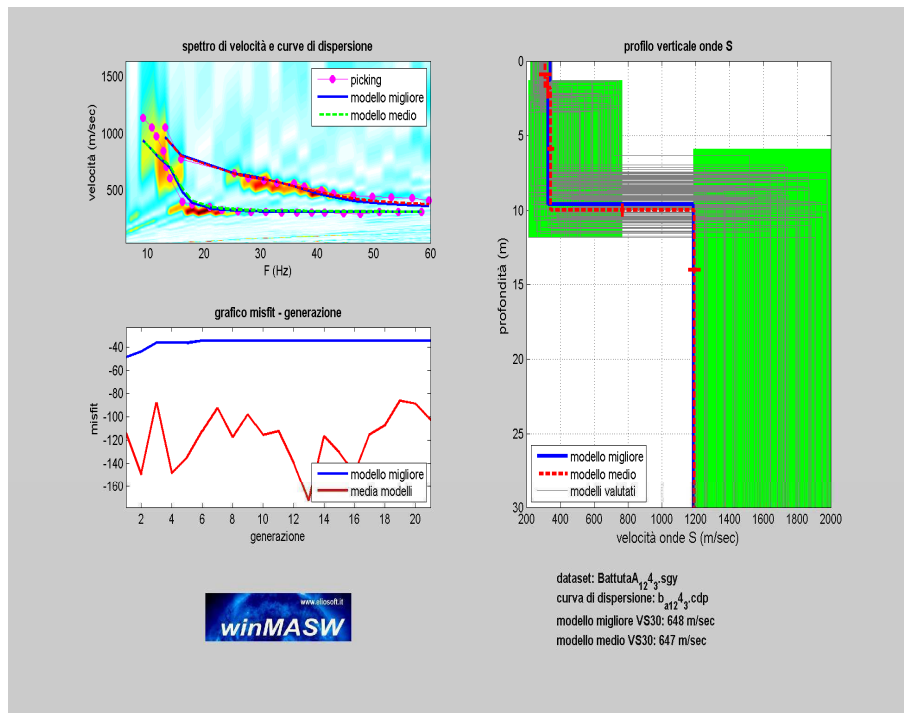


1.6 ELABORAZIONE DATI ACQUISITI

1.6.1 INDAGINE A



INDAGINE A



Modello medio

VS (m/sec): 311, 343, 1193

Deviazioni Standard (m/sec): 36, 20, 36

Spessori (m): 1.8, 8.2

Deviazioni Standard (m): 0.7, 0.4

Stima approssimativa di V_p , densità e moduli elastici

Stima V_p (m/sec): 885, 807, 2286

Stima densità (gr/cm³): 2.02, 2.00, 2.26

Stima modulo di Poisson: 0.43, 0.39, 0.31

Stima modulo di taglio (MPa): 196, 236, 3210

Stima modulo di compressione (MPa): 1324, 990, 7505

Stima modulo di Young (MPa): 560, 655, 8427

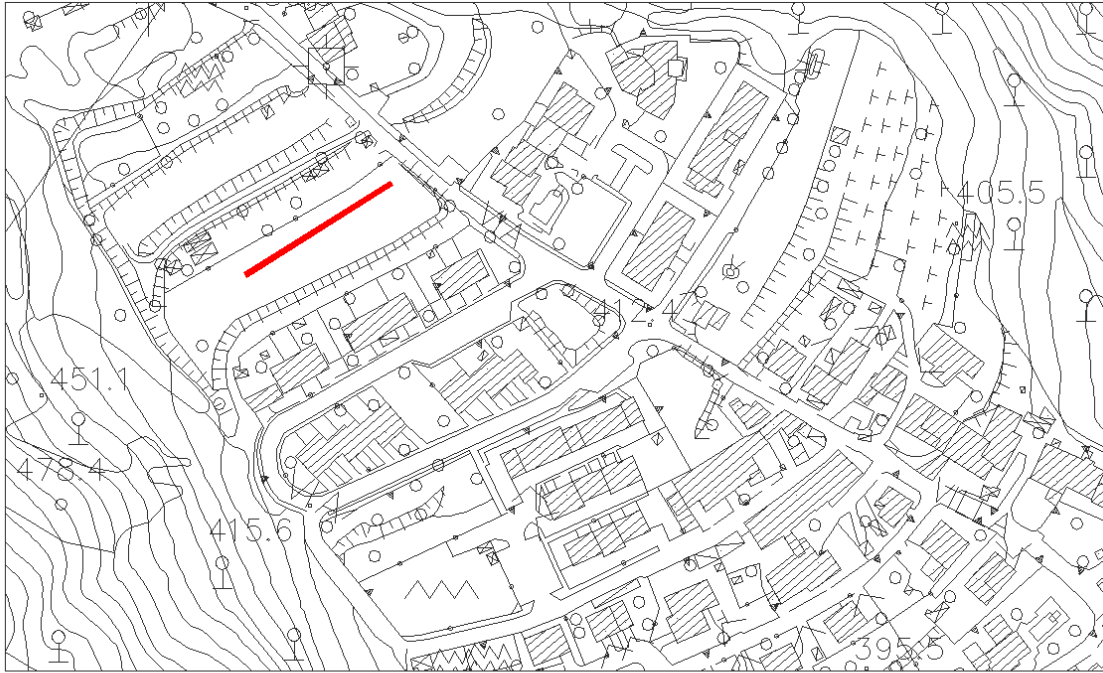
Stima modulo di Lamé (MPa): 1194, 833, 5366

VS30 (m/sec): 647

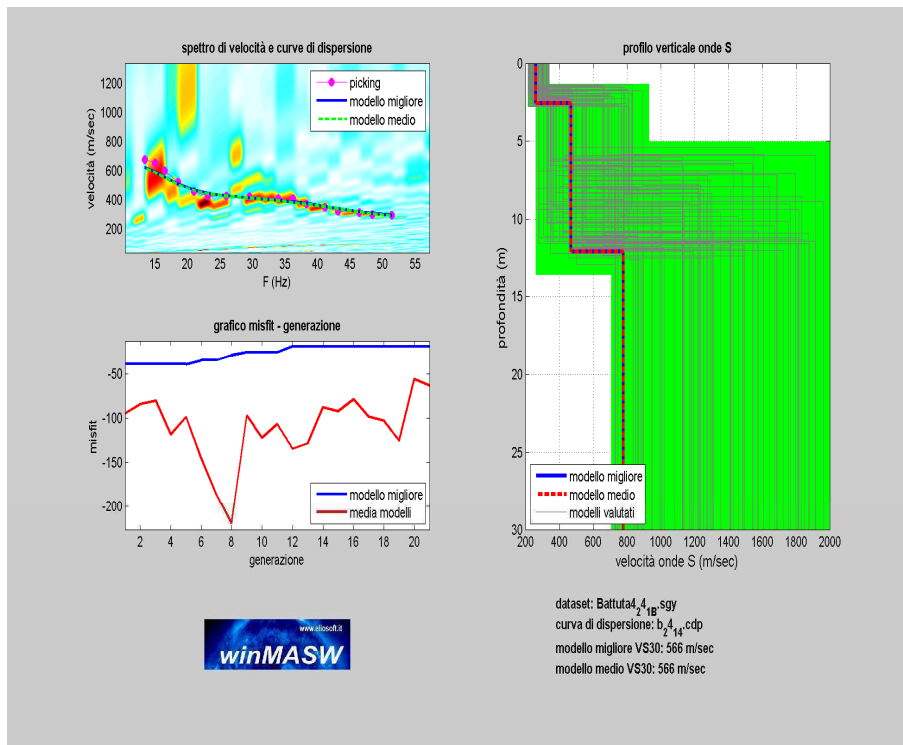
Possibile Tipo di Suolo: B



1.6.2 INDAGINE B



INDAGINE B



Modello medio

VS (m/sec): 261, 471, 779

Deviazioni Standard (m/sec): 0, 0, 0

Spessori (m): 2.6, 9.5

Deviazioni Standard (m): 0.0, 0.0

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima VP (m/sec): 700, 1340, 1453

Stima densità (gr/cm³): 1.97, 2.12, 2.14

Stima modulo di Poisson: 0.42, 0.43, 0.30

Stima modulo di taglio (MPa): 134, 471, 1302

Stima modulo di compressione (MPa): 785, 3187, 2793

Stima modulo di Young (MPa): 380, 1348, 3380

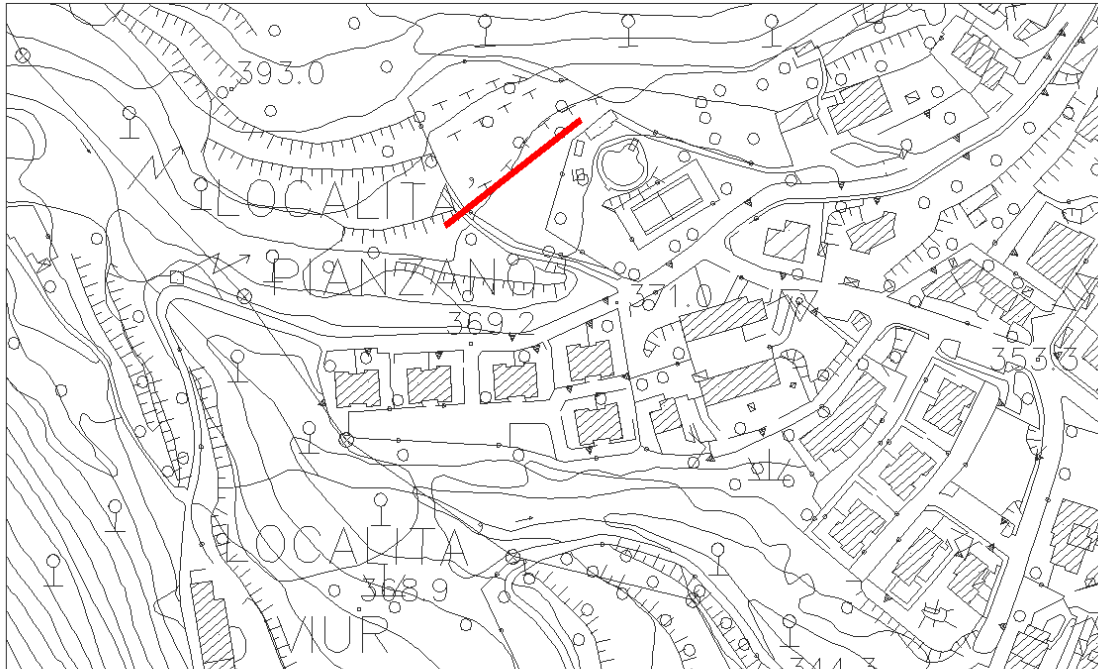
Stima modulo di Lamé (MPa): 696, 2873, 1925

VS30 (m/sec): 566

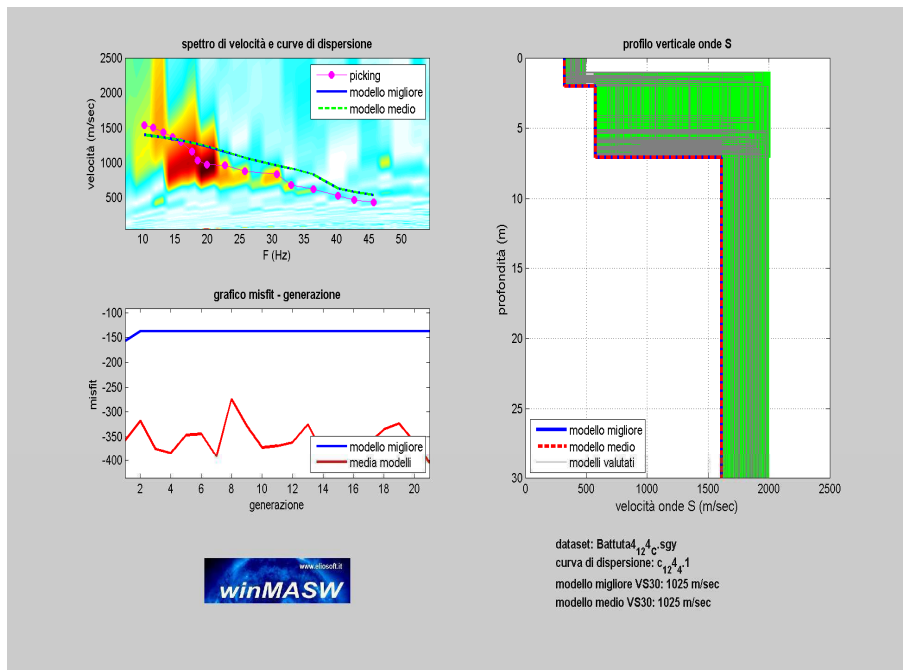
Possibile Tipo di Suolo: B



1.6.3 INDAGINE C



INDAGINE C



Modello medio

VS (m/sec): 321, 577, 1612

Deviazioni Standard (m/sec): 0, 0, 0

Spessori (m): 2.0, 5.0

Deviazioni Standard (m): 0.0, 0.0

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima VP (m/sec): 724, 1279, 2929

Stima densità (gr/cm³): 1.98, 2.11, 2.32

Stima modulo di Poisson: 0.38, 0.37, 0.28

Stima modulo di taglio (MPa): 204, 704, 6017

Stima modulo di compressione (MPa): 764, 2519, 11843

Stima modulo di Young (MPa): 561, 1931, 15437

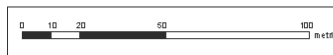
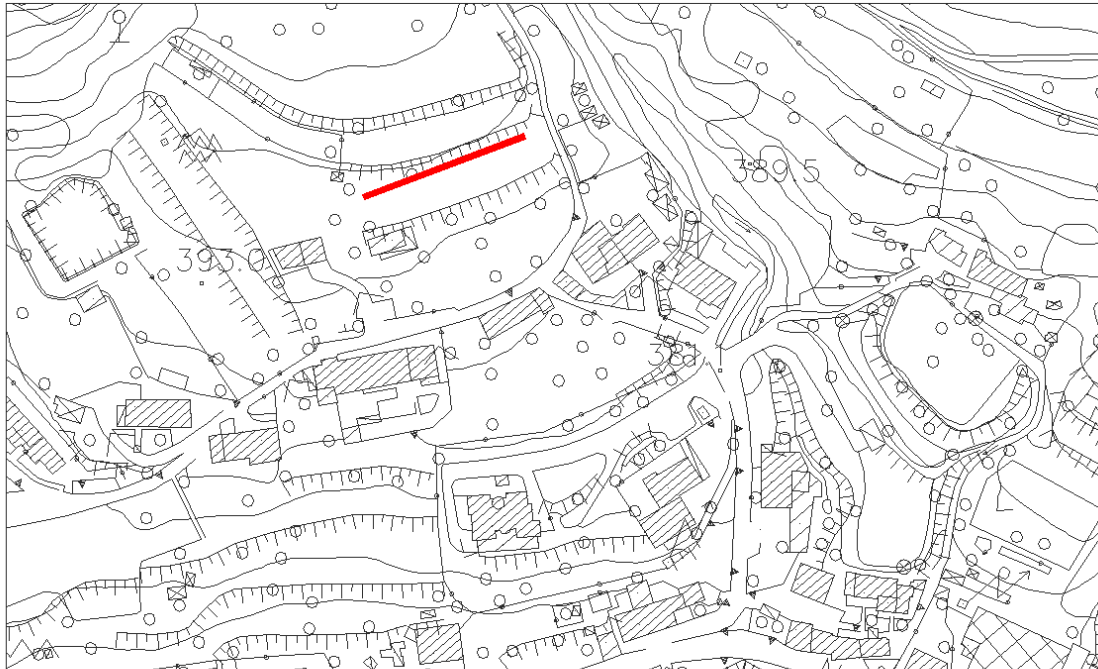
Stima modulo di Lamé (MPa): 628, 2050, 7831

VS30 (m/sec): 1025

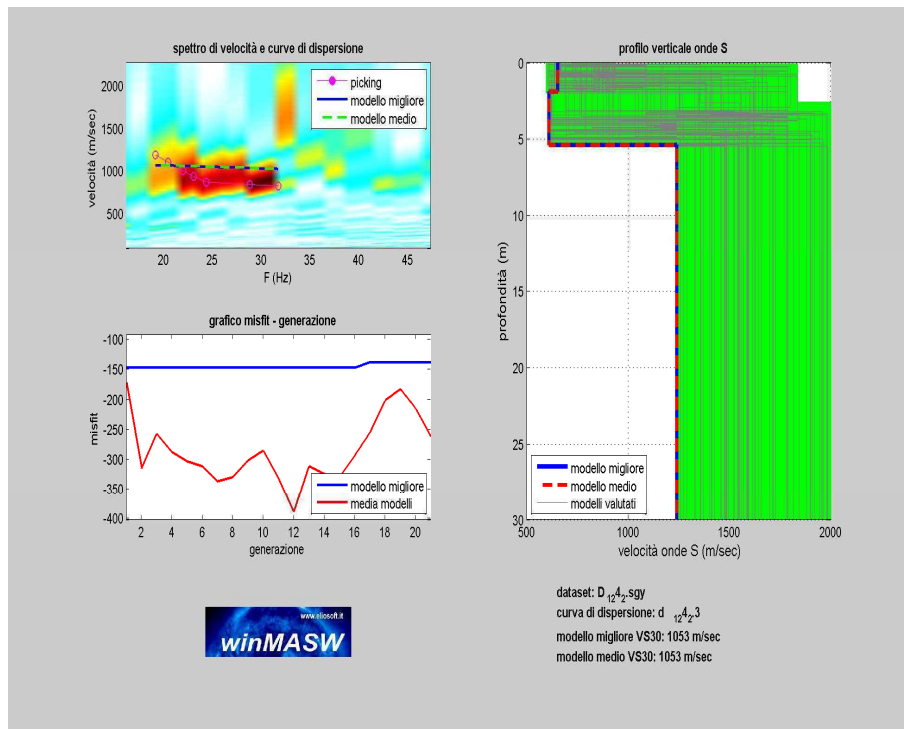
Possibile Tipo di Suolo: A



1.6.4 INDAGINE D



INDAGINE D



Modello medio

VS (m/sec): 653, 611, 1239

Deviazioni Standard (m/sec): 2, 0, 0

Spessori (m): 1.9, 3.5

Deviazioni Standard (m): 0.0, 0.0

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima VP (m/sec): 1539, 1399, 2261

Stima densità (gr/cm³): 2.16, 2.14, 2.25

Stima modulo di Poisson: 0.39, 0.38, 0.29

Stima modulo di taglio (MPa): 921, 797, 3458

Stima modulo di compressione (MPa): 3886, 3117, 6904

Stima modulo di Young (MPa): 2559, 2204, 8889

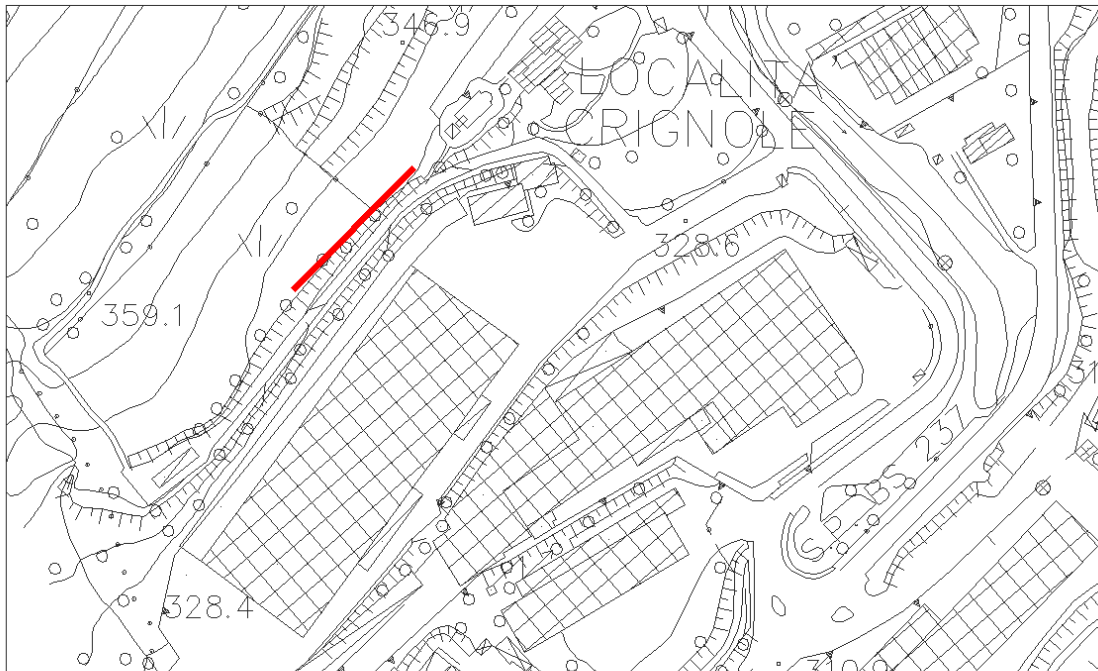
Stima modulo di Lamé (MPa): 3272, 2585, 4599

VS30 (m/sec): 1053

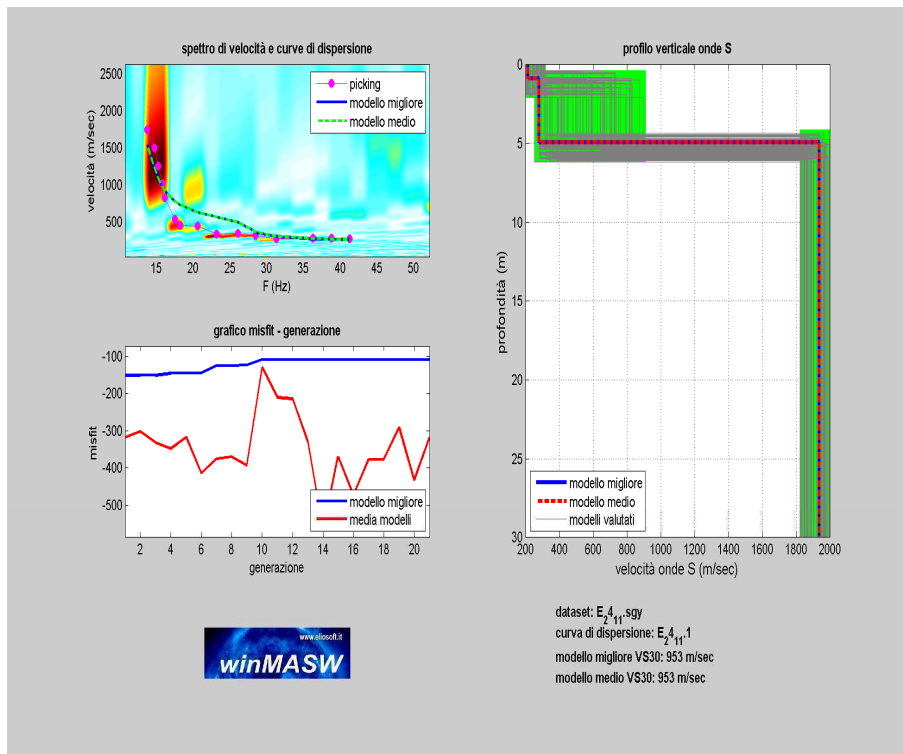
Possibile Tipo di Suolo: A



1.6.5 INDAGINE E



INDAGINE E



Modello medio

VS (m/sec): 216, 280, 1937

Deviazioni Standard (m/sec): 0, 0, 0

Spessori (m): 0.9, 4.0

Deviazioni Standard (m): 0.0, 0.0

Stima approssimativa di V_p , densità e moduli elastici

Stima V_p (m/sec): 505, 633, 3804

Stima densità (gr/cm³): 1.89, 1.94, 2.38

Stima modulo di Poisson: 0.39, 0.38, 0.32

Stima modulo di taglio (MPa): 88, 152, 8928

Stima modulo di compressione (MPa): 364, 575, 22529

Stima modulo di Young (MPa): 245, 420, 23658

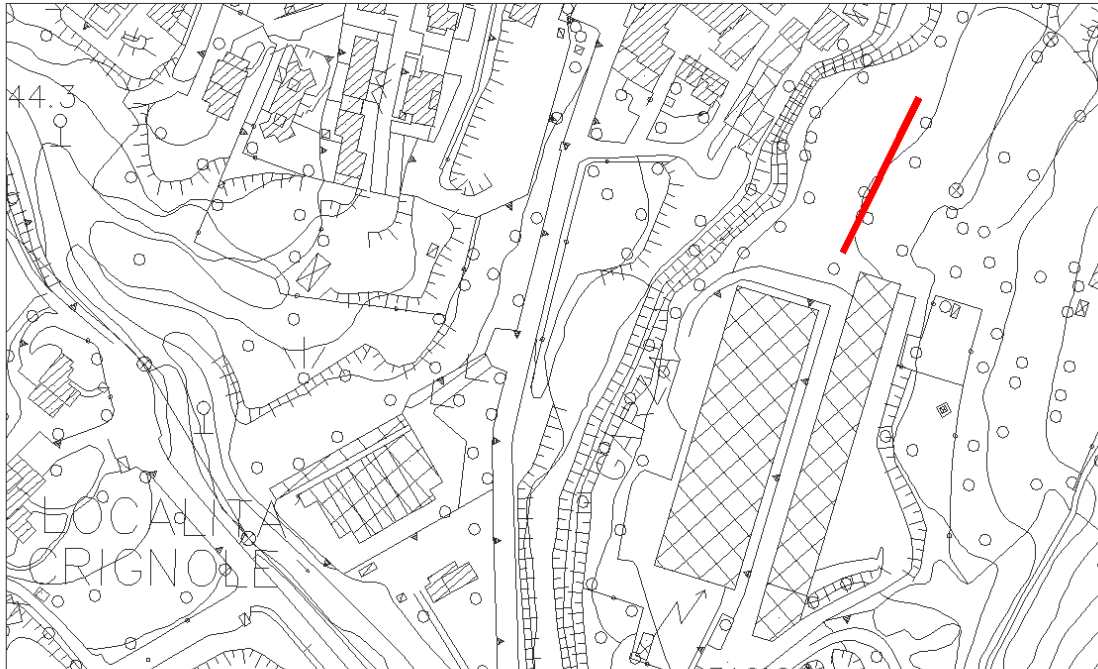
Stima modulo di Lamé (MPa): 305, 474, 16577

VS30 (m/sec): 953

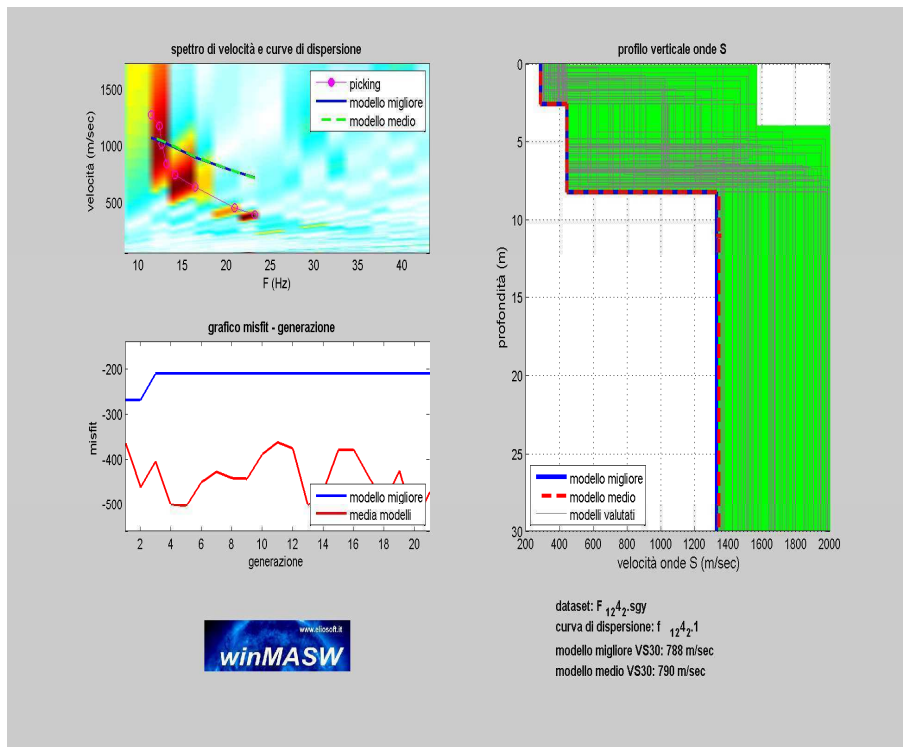
Possibile Tipo di Suolo: A



1.6.6 INDAGINE F



INDAGINE F



Modello medio

VS (m/sec): 288, 444, 1341

Deviazioni Standard (m/sec): 2, 0, 13

Spessori (m): 2.6, 5.6

Deviazioni Standard (m): 0.0, 0.0

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima VP (m/sec): 710, 989, 2410

Stima densità (gr/cm³): 1.97, 2.05, 2.27

Stima modulo di Poisson: 0.40, 0.37, 0.28

Stima modulo di taglio (MPa): 163, 404, 4079

Stima modulo di compressione (MPa): 776, 1467, 7735

Stima modulo di Young (MPa): 458, 1111, 10406

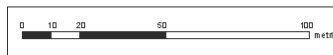
Stima modulo di Lamé (MPa): 667, 1198, 5016

VS30 (m/sec): 790

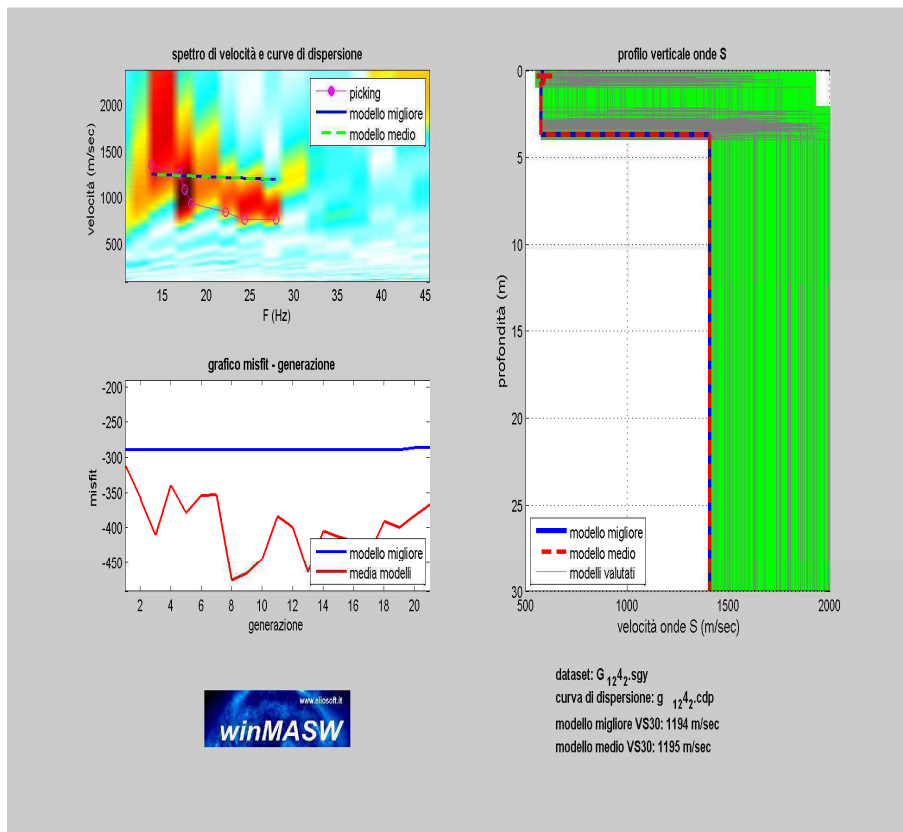
Possibile Tipo di Suolo: B



1.6.7 INDAGINE G



INDAGINE G



Modello medio

VS (m/sec): 593, 577, 1406

Deviazioni Standard (m/sec): 37, 0, 0

Spessori (m): 0.7, 3.0

Deviazioni Standard (m): 0.1, 0.0

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima VP (m/sec): 1368, 1299, 2567

Stima densità (gr/cm³): 2.13, 2.12, 2.28

Stima modulo di Poisson: 0.38, 0.38, 0.29

Stima modulo di taglio (MPa): 749, 705, 4514

Stima modulo di compressione (MPa): 2987, 2633, 9028

Stima modulo di Young (MPa): 2074, 1942, 11607

Stima modulo di Lamé (MPa): 2488, 2163, 6018



VS30 (m/sec): 1195

Possibile Tipo di Suolo: A

1.1 RISULTATI INDAGINI: RIEPILOGO

Indagine A:

VS30 (m/sec): 647

Possibile Tipo di Suolo: 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 (ovvero resistenza penetrometrica media NSPT > 50, o coesione non drenata media $c_u > 250$ kPa).

Indagine B:

VS30 (m/sec): 566

Possibile Tipo di Suolo: 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 (ovvero resistenza penetrometrica media NSPT > 50, o coesione non drenata media $c_u > 250$ kPa).

Indagine C:

VS30 (m/sec): 1025

Possibile Tipo di Suolo: 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.

Indagine D:

VS30 (m/sec): 1053

Possibile Tipo di Suolo: 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.

Indagine E:

VS30 (m/sec): 953

Possibile Tipo di Suolo: 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.

Indagine F

VS30 (m/sec): 790

Possibile Tipo di Suolo: 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 (ovvero resistenza penetrometrica media NSPT > 50, o coesione non drenata media $c_u > 250$ kPa).

Indagine G

VS30 (m/sec): 1195

Possibile Tipo di Suolo: 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.

ALLEGATO 2

REGIONE LOMBARDIA

COMUNE DI CAINO (Provincia di Brescia)

Lavoro: Sistemazione del torrente Garza nel Comune di Caino

Impresa: DUCI S.r.l. con sede in Vilminore di Scalve (BG)

Contratto principale: in data 29.12.2005 n°603 rep.

RELAZIONE DI ACCOMPAGNAMENTO AL CONTO FINALE

VERBALE DI VISITA E

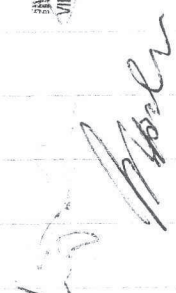
CERTIFICATO DI REGOLARE ESECUZIONE

PROGETTO: con disciplinare di incarico approvato i data 10.09.2001 la Regione Lombardia, Direzione Generale Territorio e Urbanistica, affidava ai professionisti, Prof. Ing. Baldassare Bacchi e Dott. Ing. Sergio Taccolini, la progettazione definitiva, esecutiva e la direzione lavori dell'intervento di sistemazione idraulica lungo l'asta del T. Garza nel centro abitato di Caino.

Il progetto esecutivo venne redatto in data Giugno 2004 e approvato dalla Amministrazione Comunale di Caino con deliberazione G.C. n. 91 del 10.12.2004 con il seguente quadro economico di spesa:

- Importo lavori (soggetto a ribasso)	€ 437.100,00
- Oneri sicurezza (non soggetti a ribasso)	€ 32.900,00
Totale a base d'appalto	€ 470.000,00
Somme a disposizione dell'Amm.ne	
- IVA (20%)	€ 94.000,00
- Spostamento servizi esistenti	€ 10.203,00
- Imprevisti	€ 4.600,00
- Espropri (compreso spese notarili)	€ 13.000,00


IMPRESA DUCI SRL
VILMINORE DI SCALVE (BG)



- Spese tecniche: Progetto, D.L.	€ 45.800,00
- Spese tecniche: Collaudo	€ 4.000,00
- Indagini geologiche e geotecniche	€ 14.977,00
- Spese per responsabile del procedimento	€ 1.900,00

Totale somme a disposizione dell'Amm.ne € 188.480,00

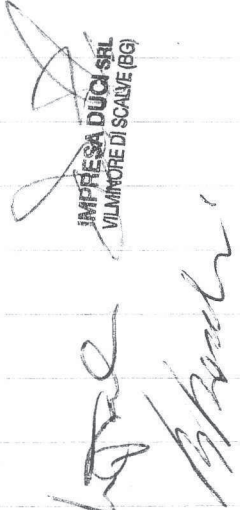
Importo complessivo del progetto € 658.480,00

FINANZIAMENTO: l'opera venne finanziata dalla Regione Lombardia per l'importo di € 658.482,55 erogato in base alla Legge 18 maggio 1989 N. 183 (esercizio 1994, 1995 e 1996).

CONTRATTO: a seguito della gara d'appalto con determina n.307 del 23.11.2005 i lavori vennero aggiudicati in via definitiva dall'Impresa DUCI S.r.l. con sede in Vilminore di Scalve (BG); il contratto d'appalto venne stipulato in data 29.12.2005 N.603 rep. e registrato a Brescia il 09.01.2006 n. 603, per l'importo netto di Euro 601.541,73 determinato sulla base dei prezzi offerti dall'Impresa in sede di gara, corrispondenti ad un ribasso percentuale pari al 17,65% sull'importo a base d'asta, e comprensivo dell'importo di € 32.900,00 per oneri di sicurezza non soggetti a ribasso.

Importo lavori (soggetti a ribasso)	€ 437.100,00
Ribasso d'asta del 17,65%	€ - 77.148,15
Importo netto lavori	€ 359.951,85
Oneri sicurezza (non soggetti a ribasso)	€ 32.900,00
Importo contrattuale	€ 392.851,85

PERIZIA DI VARIANTE: venne redatta in data Marzo 2006, approvata con determina del Responsabile del servizio del Comune di Caino n. 229 del 15.09.2006, previo parere favorevole espresso dalla Regione Lombardia – Giunta



 IMPRESA DUCI SRL
 VILMINORE DI SCALVE (BG)

Presidenza – Sede Territoriale di Brescia in data 11.07.2006 prot.

AD07.2006.0008465, con il seguente quadro economico di spesa:

- Importo netto lavori	€ 419.965,07
- Oneri sicurezza	€ 32.900,00
Sommano	€ 452.865,07

Somme a disposizione dell'Amm.ne

- IVA (20%)	€ 90.573,01
- Spostamento servizi esistenti	€ 10.203,00
- Espropri (compreso spese notarili)	€ 13.000,00
- Spese tecniche: Progetto, D.L.	€ 45.800,00
- Spese tecniche: Collaudo	€ 4.000,00
- Spese per responsabile del procedimento	€ 1.900,00
- Spese tecniche: sicurezza in fase esecuzione	€ 10.327,23
- Spese tecniche: progetto, D.L e sicurezza	
Perizia di variante	€ 11.008,62
Totale somme a disposizione dell'Amm.ne	€ 205.614,92

Importo complessivo della perizia € 658.480,00

dalla quale risulta che l'importo netto dei lavori deve essere elevato da € 392.851,85 a € 452.865,07 con un incremento di netti € 60.013,22 mentre l'importo complessivo dell'opera rimane invariato.

Il disciplinare d'incarico professionale al Dr.Ing. Sergio Taccolini e Dr.Ing. Fabio Gagni per il coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione venne approvato con determina del responsabile del servizio n.238 del 27.09.2006.

Il disciplinare d'incarico professionale al Prof.Ing. Bacchi e Dr.Ing. Taccolini per la redazione della suddetta perizia di variante e relativa direzione lavori venne



Handwritten signatures and initials, including 'Bacchi' and 'Gagni'.

approvato con determina del responsabile del servizio n.238 del 27.09.2006, successivamente integrata con determina del responsabile del servizio n.291 del 30.11.2006.

ATTO DI SOTTOMISSIONE E VERBALE DI CONCORDAMENTO NUOVI

PREZZI: venne sottoscritto dall'Impresa DUCI S.r.l. con sede in Vilminore di Scalve (BG) per l'esecuzione dei lavori suppletivi dell'importo pari a € 60.013,22 al netto del ribasso contrattuale del 17,65%, agli stessi patti e condizioni del contratto principale. Con tale atto di sottomissione, approvato con determina del Responsabile del servizio del Comune di Caino n. 229 del 15.09.2006, vennero concordati n°9 nuovi prezzi non contemplati nell'elenco prezzi allegato al capitolato speciale d'appalto.

SOMMA AUTORIZZATA:

- importo netto contratto principale € 392.851,85

- importo netto atto di sottomissione € 60.013,22

Somma netta autorizzata € 452.865,07

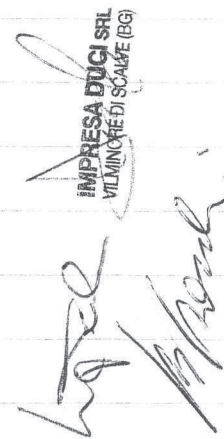
CONSEGNA DEI LAVORI: avvenne il 20.01.2006 come da verbale in pari data.

Essendo previsti dal Capitolato speciale d'appalto 240 giorni per l'ultimazione di tutti i lavori, la scadenza dei termini di tempo era fissata il 16.09.2006.

SOSPENSIONI E PROROGHE DEI LAVORI: i lavori rimasero sospesi dal 08/05/2006 al 05/06/2006 per 28 giorni, dal 01/09/2006 al 10/10/2006 per 40 giorni e dal 21.11.2006 al 27.12.2006 per 37 giorni. Per effetto delle sospensioni per complessivi 105 giorni e della proroga di 15 giorni concessa con l'atto di sottomissione per l'esecuzione dei lavori suppletivi, la nuova scadenza del termine utile per l'ultimazione dei lavori si è protratta al 14.01.2007.

ULTIMAZIONE DEI LAVORI: con certificato del 12.01.2007 i lavori vennero

IMPRESA DUCI SRL
VILMINORE DI SCALVE (BG)



considerati ultimati in pari data e quindi in tempo utile.

DESCRIZIONE SOMMARIA DEI LAVORI:

I lavori di sistemazione idraulica hanno riguardato un tratto del T. Garza di sviluppo complessivo pari a circa 200 m, sono consistiti principalmente nella riprofilatura e risezionamento dell'alveo con formazione di scogliera in massi cementati, nella realizzazione di muri arginali anch'essi rivestiti in pietra, nella demolizione di due ponti esistenti e relativo rifacimento di cui, uno pedonale costituito da struttura in legno ed uno stradale costituito da struttura portante in acciaio.

DIREZIONE DEI LAVORI: venne tenuta dai sottoscritti Dr.Ing. Sergio Taccolini e Prof.Ing. Baldassare Bacchi.

COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE D'ESECUZIONE: venne tenuta dai Dr.Ing. Sergio Taccolini e Dr.Ing. Fabio Gagni.

INFORTUNI ED INCIDENTI SUL LAVORO: non ne avvennero.

STATO FINALE: redatto in data 20.06.2007 e sottoscritto dall'Impresa senza riserve, fissa l'ammontare netto dei lavori in € 452.865,07.

Risultano già emessi i seguenti pagamenti in acconto:

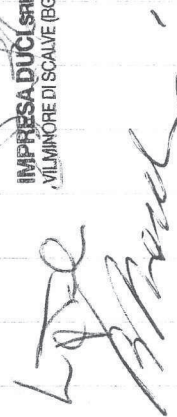
- Certificato di pagamento in acconto n°1 in data 28.02.2006 di € 92.500,00
- Certificato di pagamento in acconto n°2 in data 08.05.2006 di € 111.000,00
- Certificato di pagamento in acconto n°3 in data 30.08.2006 di € 107.000,00
- Certificato di pagamento in acconto n°4 in data 20.11.2006 di € 113.000,00
- Certificato di pagamento in acconto n°5 in data 24.01.2007 di € 27.000,00

sommano € 450.500,00

rimane pertanto il credito netto dell'Impresa di € 2.365,07.

CONFRONTO FRA LA SOMMA AUTORIZZATA E QUELLA SPESA:

IMPRESA DUCI SRL
VILMINORE DI SCALVE (BG)



La somma spesa di € 452.865,07 risulta pari a quella autorizzata.

ASSICURAZIONE OPERAI: l'assicurazione del personale dipendente operaio contro gli infortuni sul lavoro venne osservata con polizza INAIL sede di Bergamo n°4628433/47 continuativa. Gli enti previdenziali hanno rilasciato in data 16.05.2007 il Documento Unico di Regolarità Contributiva protocollo n. 1814133.

EX AVVISI AD OPPONENDUM: vennero pubblicati all'Albo Pretorio Comunale dal 18.05.2007 al 20.06.2007 senza che vi fosse alcuna opposizione, come da dichiarazione del Responsabile dell'area tecnica in data 05/07/2007.

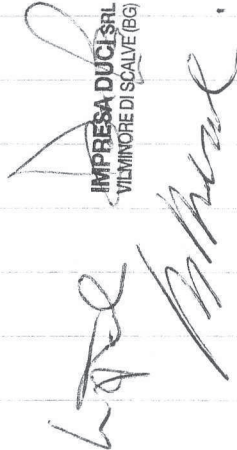
COLLAUDO STATICO: il Dr.Ing. Giampietro Rossi ha rilasciato in data 02.01.2007 il certificato di collaudo statico relativo alle strutture del ponte carraio e del ponte pedonale nell'ambito dell'opera (denuncia al Comune di Caino prot. 690 del 10.02.2006).

COLLAUDO: il collaudo viene sostituito dalla emissione del Certificato di regolare esecuzione ai sensi dell'art. 28 della Legge 109/94 con le modifiche introdotte dalla Merloni-ter.

VISITA: la visita ha avuto luogo nel giorno 20.06.2007 e vi sono intervenuti oltre il sottoscritto Ing. Sergio Taccolini e il Sig. Duci Pietro in rappresentanza dell'Impresa.

RISULTATO DELLA VISITA: con la scorta dei documenti contabili e specialmente del progetto e della perizia di variante, si ispezionarono i lavori eseguiti constatandone l'esecuzione a regola d'arte ed in conformità alle prescrizioni contrattuali. Si constatò pure che le opere eseguite corrispondono sostanzialmente a quelle previste nel progetto e nella perizia di variante.

CERTIFICATO DI REGOLARE ESECUZIONE: ciò premesso i sottoscritti Ingegneri Sergio Taccolini e Baldassare Bacchi:


IMPRESA DUCI SRL
VILMINORE DI SCALVE (BG)

- considerato che i lavori corrispondono alle previsioni del progetto e della perizia di variante e che furono eseguiti a regola d'arte ed in conformità alle prescrizioni contrattuali;
- considerato che per quanto è possibile accertare, lo stato di fatto delle opere risponde per qualità e dimensioni alle annotazioni riportate nel registro di contabilità e riassunte nello stato finale, e che per quanto non è ispezionabile o è di difficile ispezione o non è stato ispezionato, l'Impresa ha assicurato la perfetta corrispondenza fra le condizioni stabilite ed i lavori eseguiti e contabilizzati; e che l'Impresa per gli effetti dell'art.1667 del C.C. ha in particolare dichiarato non esservi difformità o vizi occulti;
- considerato che i prezzi applicati sono quelli di contratto e quelli successivamente concordati;
- considerato che l'importo dei lavori eseguiti è pari alla somma autorizzata;
- considerato che i lavori vennero ultimati in tempo utile;
- considerato che l'Impresa ha ottemperato a tutti gli obblighi derivanti dal contratto ed agli ordini e disposizioni date dalla Direzione dei Lavori durante il corso di essi;
- considerato che l'Impresa ha firmato la contabilità finale senza riserve;

CERTIFICANO

che i lavori svolti dalla Impresa DUCI S.r.l. con sede in Vilminore di Scalve (BG) per la realizzazione dei lavori di: "Sistemazione idraulica del T. Garza nel Comune di Caino" vennero regolarmente eseguiti e liquida il credito dell'Impresa come segue:

- ammontare del conto finale	€ 452.865,07
- a dedurre per acconti già emessi	€ 450.500,00
resta il credito netto dell'Impresa	€ 2.365,07


IMPRESA DUCI S.R.L.
VILMINORE DI SCALVE (BG)



diconsi EURO DUEMILATRECENTOESSANTACINQUE/07 al netto di IVA
secondo le aliquote di legge.

Salvo la superiore approvazione del presente atto.

Bergamo, 20 Luglio 2007

I DIRETTORI DEI LAVORI: Dr.Ing. Sergio Taccolini

Prof.Ing. Baldassare Bacchi

L'IMPRESA

IMPRESA DUCI SRL
VILMINORE DI SCALVE (BG)

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

