



COMUNE DI CAPRIANO DEL COLLE

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

COMMITTENTE	COMUNE DI CAPRIANO DEL COLLE Piazza Mazzini, 8 25020 - Capriano del Colle (BS) tel. 030/9747319 - fax. 030/9747384
PROGETTISTI	STUDIO GEOLOGIA AMBIENTE Dott. Geol. Laura Ziliani Dott. Geol. Davide Gasparetti Dott. Geol. Gianantonio Quassoli Dott. Geol. Samuele Corradini 25123 Brescia - Via T. Olivelli, 5 Tel. 030.3771189; Fax 030.3778086 e-mail: info@studiogeologiambiente.it
RESP. di COMMESSA REFERENTE COLLABORATORI	Dott. Geol. Laura Ziliani Dott. Geol. Laura Ziliani Dott. Geol. Gianantonio Quassoli

DOCUMENTO	Documento di Piano			
A01 SG	COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA AI SENSI DELLA L.R. 12/05 E SECONDO LA D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005 e LA D.G.R. 8/7374 DEL 28/05/2008 RELAZIONE ILLUSTRATIVA			
r00				
COMMESSA	EMISSIONE	CLIENTE	INCARICO	APPROVATO Dott. Geol. Laura Ziliani
	Gennaio 2011	Amministrazione Comunale	Dicembre 2007	VERIFICATO Dott. Geol. Laura Ziliani
				REDATTO Dott. Geol. Gianantonio Quassoli
A TERMINE DELLE VIGENTI LEGGI SUI DIRITTI DI AUTORE QUESTO DISEGNO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O COMUNICATO AD ALTRE PERSONE O DITTE SENZA AUTORIZZAZIONE DI STUDIO GEOLOGIA AMBIENTE - DOTT. GEOL. LAURA ZILIANI				

STUDIO GEOLOGIA AMBIENTE

Dott. Geol. LAURA ZILIANI
Dott. Geol. DAVIDE GASPARETTI
Dott. Geol. GIANANTONIO QUASSOLI
Dott. Geol. SAMUELE CORRADINI

25123 BRESCIA – Via T. Olivelli, 5
Tel. 030-3771189 Fax 030-3778086
e-mail: info@studiogeologiambiente.it

**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA
PER IL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**

D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005

D.G.R. n.8/7374 del 28/05/2008

RELAZIONE

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. SINTESI BIBLIOGRAFICA.....	6
3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE.....	9
3.1. Inquadramento geologico e geomorfologico del territorio (Tav.1).....	9
3.2. Descrizione delle unità geologiche	11
3.2.1. Monte Netto	11
3.2.2. Pianura	13
3.3. Geomorfologia	13
3.4. Caratteristiche geotecniche dei terreni.....	18
4. PERICOLOSITÀ SISMICA.....	20
4.1. Introduzione	20
4.2. Zona sismica di appartenenza	20
4.3. Carta della pericolosità sismica locale	22
4.4. Applicazione del 2° livello	24
4.5. Conclusioni dell'analisi sismica di 2° livello.....	31
5. SISTEMA IDROGRAFICO	33
5.1. Reticolo idrico principale: Fiume Mella.....	33
5.1.1. Fasce fluviali e valutazione delle condizioni di rischio	33
5.2. Reticolo idrico minore e aree a rischio di esondazione della Roggia Garzetta e della Roggia Capriana	37
6. IDROGEOLOGIA	40
6.1. Caratteristiche idrogeologiche	40
6.2. Descrizione delle sezioni Idrogeologiche	41
6.3. Pozzi pubblici e privati	42
6.4. Piezometria.....	45

6.5.	Qualità delle acque sotterranee	46
6.6.	Vulnerabilità delle acque sotterranee all'inquinamento	46
7.	CARTA DEI VINCOLI.....	50
8.	CARTA DI SINTESI	52
9.	DESCRIZIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITÀ E NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE.....	54
10.	CONCLUSIONI	61

1. PREMESSA

Nella presente relazione viene definito l'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio di Capriano del Colle in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 marzo 2005 n.12.

Lo studio delle caratteristiche geologiche del territorio ha sostanzialmente due obiettivi. Il primo è la prevenzione del rischio idrogeologico attraverso una pianificazione territoriale compatibile con l'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e con le condizioni di sismicità del territorio. A tale scopo vengono definite le aree che possono essere interessate da situazioni di pericolo (dissesti, allagamenti, amplificazioni dei danni di un terremoto, ecc.). Il secondo obiettivo è l'individuazione delle risorse presenti che si ritiene debbano essere tutelate, come la falda acquifera, gli elementi morfologico-paesistici che caratterizzano il paesaggio, ecc.

Lo studio è stato condotto secondo i criteri e gli indirizzi contenuti nella D.G.R. 22/12/2005 n.8/1566, aggiornata con D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374, ed è stato suddiviso nelle seguenti fasi di lavoro: 1) fase di analisi, 2) fase di sintesi/valutazione e 3) fase di proposta.

L'indagine geologica sul terreno è stata preceduta da una ricerca bibliografica, finalizzata al reperimento di informazioni e documenti utili a migliorare la conoscenza del territorio in esame. Nella fase di analisi del territorio sono stati consultati gli studi specifici disponibili per l'area in esame, opportunamente integrati tramite rilevamento di campagna. In particolare si è tenuto conto dei dati e delle elaborazioni contenute nello *Studio geologico del territorio comunale* (Ziliani L., Gasparetti D., 2004) e nello *Studio geologico del Monte Netto – variante al PRG* (Ziliani L., Gasparetti D., 2003).

I dati di tipo geologico e geomorfologico raccolti, integrati dall'interpretazione delle fotografie aeree, hanno portato alla redazione della CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (TAV. 1), prodotta in scala 1:5.000. Questo elaborato illustra i terreni presenti nel territorio comunale, nonché le forme ed i processi geomorfologici più significativi ai fini della valutazione della pericolosità indotta da fenomeni di tipo geologico. Evidenzia inoltre gli elementi morfologici e idrografici che strutturano il paesaggio.

Lo studio delle caratteristiche idrogeologiche del territorio nell'ambito del P.G.T. è finalizzato soprattutto alla tutela delle risorse idriche sotterranee ed in particolare di

quelle captate dall'acquedotto comunale. E' stata raccolta la documentazione relativa ai pozzi per acqua sia privati che pubblici, presenti nel territorio comunale.

I dati raccolti ed elaborati sono riportati sulla CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO (TAV. 2), realizzata in scala 1:5.000. In questo elaborato è stato riportato il reticolo idrico principale e minore, così come definito dallo Studio Pezzagno secondo le direttive contenute nella D.G.R. 25 gennaio 2002 n° 7/7868 e dalle successive modifiche contenute nella D.G.R. 1 agosto 2003 n° 7/13950.

In seguito alla pubblicazione sulla G.U. n° 183 dell' 8 agosto 2001 del d.p.c.m. del 24 maggio 2001 che approva definitivamente il PAI e alla pubblicazione del D.G.R. 11 dicembre 2001 n. 7/7365, il Comune di Capriano del Colle è tenuto ad adeguare il PRG (e le relative NTA) alle fasce fluviali individuate dal PAI. Lungo il fiume Mella la cartografia del PAI individua le Fasce fluviali A, B e C. Per i territori della fascia C retrostanti i limiti di progetto tra la Fascia B e la Fascia C il Comune, in sede di adeguamento dello strumento urbanistico alle disposizioni del PAI, è tenuto a valutare le condizioni di rischio. Di conseguenza nel 2004 è stato effettuato da parte del Dott. Ing. Giuseppe Rossi uno studio per la *Valutazione delle condizioni di rischio idraulico nei territori in comune di Capriano del Colle compresi nella Fascia C del Fiume Mella* i cui risultati sono recepiti nella Carta di Sintesi.

Per illustrare la struttura sepolta del territorio sono state prodotte due sezioni idrogeologiche. Applicando il metodo DRASTIC è stata effettuata una valutazione del grado di vulnerabilità delle acque sotterranee.

Per valutare se all'interno del territorio comunale sono presenti situazioni litologiche e geomorfologiche in grado di produrre effetti di amplificazione sismica locale è stata applicata la metodologia contenuta nell'Allegato 5 della D.G.R. citata ed è stata predisposta la CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (TAV. 3).

La fase di sintesi/valutazione ha condotto alla predisposizione della CARTA DEI VINCOLI (TAV. 4) che individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico e della CARTA DI SINTESI (TAV. 5) che propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico.

Infine è stata prodotta la CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO (TAV. 6) che fornisce indicazioni in merito alle limitazioni d'uso del territorio, alle

prescrizioni per gli interventi urbanistici, agli studi e indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti.

Si allegano:

TAV. 1: CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA – scala 1:5.000;

TAV. 2: CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO – scala 1:5.000;

TAV. 3: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE – scala 1:5.000;

TAV. 4: CARTA DEI VINCOLI – scala 1:5.000;

TAV. 4: CARTA DI SINTESI – scala 1:5.000;

TAV. 6: CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO – scala 1:5.000.

2. SINTESI BIBLIOGRAFICA

L'indagine geologica sul terreno è stata preceduta da una ricerca bibliografica, finalizzata al reperimento di informazioni e documenti utili a migliorare la conoscenza del territorio in esame.

In particolare sono stati consultati: il Sistema Informativo Territoriale regionale, gli studi di tipo geologico presenti presso l'Ufficio Tecnico Comunale, le cartografie disponibili al momento della stesura della presente relazione, le pubblicazioni effettuate dai vari Enti Territoriali (v. bibliografia di seguito riportata).

- ALLER L., BENNET T., LEHR J.H., PETTY R.J. (1985) - *DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeological Settings*. EPA/600/2-85/018, National Water Well Association – Worthington;
- A.A.V.V. (1989) - *Il rischio sismico nel bresciano. Elementi per una valutazione*. Fondazione Bresciana per la Ricerca Scientifica, Ed. Ramperto, Brescia.
- AMBROSETTI P., BOSI C., CARRARO F., CIARANFI N., PANIZZA M., PAPANI G., VEZZANI L. & ZANFERRARI A. (1987) - *Neotectonic Map of Italy*. Prog. Fin. Geodin. Sottopr. Neotettonica. Carte scala 1:500.000.
- BARONI C. & CREMASCHI M. – *Caratteri geologici, geomorfologici e neotettonici dei rilievi isolati dell'alta pianura bresciana* (Volume ENEL).
- BARONI C. & VERCESI P.L. (1989) - *Neotettonica del territorio bresciano: stato delle conoscenze*. In: "Il rischio sismico nel bresciano. Elementi per una valutazione", Fondazione Bresciana per la Ricerca Scientifica. Ed. Ramperto, Brescia.
- BERLUSCONI A., LIVIO F., SILEO G., ZERBINI A., MICHETTI A.M., CREMASCHI M., TROMBINO L. (2007) – *Evidenze paleosismiche nell'area epicentrale del terremoto del 25.12.1222: risultati preliminari*. Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida – 26 Congresso Nazionale- 13-15 Novembre 2007. Roma.
- BONI A. & PELOSO G.F. (1982) - *Dati sulla neotettonica dei fogli 34 "Breno", 47 "Brescia", di parte dei fogli 35 "Riva" e 48 "Peschiera del Garda"*. In: C.N.R. - "Contributi conclusivi per la realizzazione della Carta neotettonica d'Italia", pubbl.506 P.F. Geodinamica.

- BONOMI T., VERRO R. (1998) - *Caratterizzazione idrogeologica della Pianura Bresciana mediante l'uso di banche dati e Sistemi Informativi Territoriali*. Acque Sotterranee n.60, Anno XV, Dicembre 1998.
- CASSINIS G. e CASTELLARIN A. - *Carta tettonica delle Alpi Meridionali alla scala 1:200.000*, Pubbl. 441, Prog. Fin. Geodinamica.
- CASSINIS G., PEROTTI C., VERCESI P.L. (1980) - *Prealpi bresciane a sud dell'Adamello: breve sintesi delle conoscenze geologiche e ulteriori temi di ricerca*. In: *Attualità dell'opera di A. Cozzaglio nel 40° della scomparsa*, Ateneo di Brescia).
- CREMASCHI M. (1974) – *Manufatti del Paleolitico medio-inferiore provenienti da Monte Netto di Brescia e loro rapporti con i depositi quaternari del colle*. Natura Bresciana, 11.
- CREMASCHI M. (1987) - *Paleosols and vetusols in the central Po Plain (Northern Italy). A study in quaternary geology and soil development* – Unicopli – Milano.
- DENTI E., LAUZI S., SALA P., SCESI L. (1988) - *Studio idrogeologico della Pianura Bresciana tra i fiumi Oglio e Chiese*. Studi idrogeologici sulla Pianura Padana, Milano.
- DESIO A. (1965) - *I rilievi isolati della pianura lombarda ed i movimenti tettonici del Quaternario*. Rendiconti dell'Istituto Lombardo di Scienze e Lettere, vol. 99.
- E.R.S.A.L. (1994) - *Cartografia tematica per la gestione delle risorse idriche del territorio. Consorzio di bonifica "Mella e dei fontanili"* – ERSAL Edizioni – Milano.
- LIVIO F., BERLUSCONI A., MICHETTI A., SILEO G., ZERBINI A., TROMINO L., CREMASCHI M., MUELLER K., VITTORI E., CARCANO C., ROGLEDI S. (2009) – *Active fault-related folding in the epicentral area of the December 25, 1222 (Io =IX MCS) Brescia earthquake (Northern Italy): Seismotectonic implications*. Tectonophysics (2009), doi: 10.1016/j.tecto.2009.03.019.
- REGIONE LOMBARDIA (2001) - *Piano Territoriale Paesistico Regionale* – B.U. Regione Lombardia n. 32 – Milano.
- REGIONE LOMBARDIA - *Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia. Cartografia e Note illustrative* – B.U. Regione Lombardia n. 31, Edizione Speciale 31 luglio 2002 – Milano.

- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1990) - *Carta Geologica della Regione Lombardia in scala 1:250.000* – Milano.
- STUDIO PEZZAGNO (2003) - *Studio per la definizione del reticolo idrico minore*. Committente: Amministrazione Comunale di Capriano del Colle.
- VILLA F., *Studio geologico del territorio comunale* – Milano 1994.
- ZILIANI L. (1989) – *Carta delle unità di paesaggio territoriali - scala 1:25.000*, Studi preliminari del Piano Territoriale Paesistico della Provincia di Brescia.
- ZILIANI L. (1994) - *Carta della vulnerabilità delle acque sotterranee della pianura bresciana – scala 1:25.000*, Studi preliminari del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Brescia.
- ZILIANI L. (1996) - *Progetto di una rete di monitoraggio idrogeologico e geochemico degli acquiferi di pianura, di valle e di anfiteatro morenico della provincia di Brescia*. Committ.: Amministrazione Provinciale, Assessorato all'Ecologia.
- ZILIANI L. (1996) - *Studio geologico del territorio comunale di Azzano Mella*. Committente: Amministrazione Comunale di Azzano Mella.
- ZILIANI L., GASPARETTI D. - (2000) - *Relazione geologica-geotecnica allegata al progetto di costruzione di una nuova struttura scolastica*. Committente: Amministrazione Comunale di Capriano del Colle.
- ZILIANI L., GASPARETTI D. - (2003) - *Studio geologico del Monte Netto*. Committente: Amministrazione Comunale di Capriano del Colle.
- ZILIANI L., GASPARETTI D. - (2003) - *Indagine geognostica e relazione geotecnica per il progetto di restauro e ampliamento della scuola elementare*. Committente: Amministrazione Comunale di Capriano del Colle.
- ZILIANI L., GASPARETTI D. - (2004) - *Studio geologico del territorio comunale di Capriano del Colle*. Committente: Amministrazione Comunale di Capriano d/C.
- ZILIANI L., GASPARETTI D. - (2004) - *Indagine geognostica e relazione geotecnica per il progetto scuola dell'infanzia in loc. Fenili Belasi* – Committente: Amministrazione Comunale di Capriano del Colle.
- ZILIANI L., QUASSOLI G. (2009) – *Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio di Poncarale*. Committente: Amministrazione Comunale di Poncarale.

3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO (TAV.1)

Il comune di Capriano del Colle appartiene alla pianura bresciana centrale ed occupa una superficie di 13,77 km²; presenta un massimo altimetrico di 133.4 m s.l.m. sul M. Netto, ed un minimo di 70.6 m s.l.m. all'estremità meridionale.

Nel territorio di Capriano del Colle si distinguono tre ambiti morfologici: la pianura, l'ambito del Fiume Mella, debolmente ribassato, ed il rilievo del Monte Netto.

La pianura è costituita da depositi fluvioglaciali e fluviali ghiaioso-sabbiosi depositati da un paleo-Mella nel Pleistocene superiore e nell'Olocene antico.

In Figura 1, tratta da Baroni & Cremaschi (1987), è illustrato l'andamento della superficie topografica del territorio di pianura circostante il Monte Netto, delineato dalle curve di livello, con equidistanza 1 m, interpolate sulla base dei punti quotati delle tavolette IGM. Le isoipse evidenziano una morfologia "frastagliata", con evidenti depressioni allungate in direzione nord-sud, corrispondenti a paleoalvei. Si nota il paleoalveo lasciato dal Fiume Mella che in passato scorreva ad est del rilievo del M. Netto e, in territorio di Capriano del Colle, un paleoalveo situato a sud del Monte Netto che individua un antico percorso del fiume più spostato ad est rispetto all'attuale.

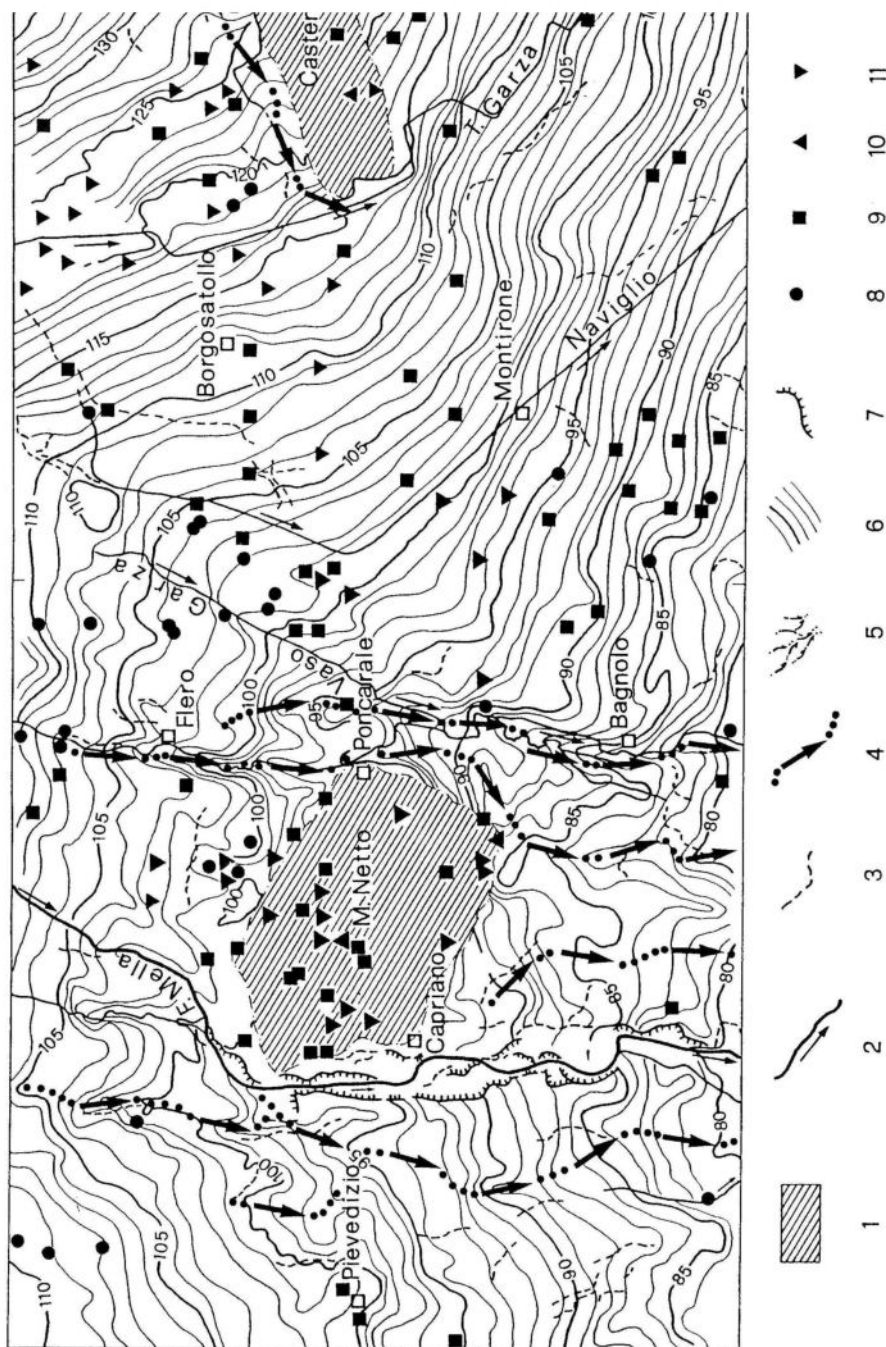
Il **Fiume Mella**, dopo aver quindi divagato su tutta questa porzione di pianura, nel corso dell'Olocene ha concentrato il flusso lungo il percorso attuale, dove sono riconoscibili aree interessate in tempi via via più recenti dalla sua azione erosiva e/o deposizionale

Dalla piana alluvionale emerge il **Monte Netto**, costituito da depositi più antichi della pianura circostante, conservati a causa di un sollevamento del substrato, come la collina di Ciliverghe, il colle di Castenedolo ed il dosso di Pievedizio. Questi rilievi rappresentano la culminazione di anticlinali di crescita di età tardo quaternarie.

Il Monte Netto si innalza di circa 35 metri rispetto alla pianura e costituisce un ampio terrazzo a superficie ondulata, allungato in senso WNW-ESE. delimitato da una scarpata morfologica che lo raccorda con la pianura. Particolarmente marcata è la scarpata situata lungo il margine occidentale.

Figura 1 - Carta pianoaltimetrica ed idromorfologica dell'area dei rilievi isolati.

1: rilievo isolato. 2: reticolato idrografico principale. 3: rio secondario, canale di scolo o di irrigazione a deflusso naturale (o solo parzialmente modificato). 4: paleoalveo. 5: tracce di canali anastomizzati del Sandur benacense. 6: curve di livello (equidistanza m 1). 7: orlo di scarpata di terrazzo fluviale. 8: sorgente. 9: pozzo per acqua. 10: cava attiva. 11: cava inattiva, abbandonata o ritombata.



La superficie del rilievo è incisa da una serie di vallecole ad andamento centrifugo che drenano le acque. La porzione centrale del colle è interessata da una depressione allungata in senso E-W che presumibilmente corrisponde ad un'antica linea di drenaggio e che è stata sensibilmente modificata dall'attività estrattiva, tuttora in atto.

Tale depressione prosegue in comune di Poncarale nella vallecchia che scende in pianura tra C.na Sole e C.na Dossello.

3.2. DESCRIZIONE DELLE UNITÀ GEOLOGICHE

Lo studio geologico e geomorfologico del territorio di Capriano del Colle è stato condotto partendo dall'analisi della bibliografia e dai dati stratigrafici disponibili opportunamente integrati dall'osservazione delle fotografie aeree e da rilievi sul terreno.

I dati morfologici e pedologici sono stati utili per la delimitazione delle unità litologiche, in quanto nelle zone di pianura esiste generalmente una buona corrispondenza tra litologia, morfologia e tipo di suolo.

Le unità geologiche affioranti nel territorio di Capriano del Colle sono descritte di seguito, ad iniziare da quelle più antiche. La loro distribuzione areale è rappresentata sulla CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (TAV.1) realizzata in scala 1:5.000.

3.2.1. Monte Netto

Il Monte Netto, insieme ai colli di Ciliverghe, Castenedolo e Pievidizio, costituisce un allineamento ENE – WSW di rilievi che testimoniano il sollevamento della zona centrale della pianura bresciana. Questi colli sono ben noti in letteratura geologica e la loro emergenza dal livello principale della pianura, è interpretata come manifestazione neotettonica dell'evoluzione di strutture sepolte. Nello specifico il sollevamento del rilievo dal livello della pianura è legato alla presenza di una struttura anticlinale sepolta, denominata "anticlinale di Pievedizio-Ciliverghe", responsabile di una lenta elevazione del substrato sepolto riferibile al tardo quaternario.

La peculiarità geologica di questi rilievi isolati nella pianura consiste nel fatto che essi sono costituiti da depositi più antichi di quelli che affiorano nella pianura limitrofa e che gli stessi depositi antichi nel territorio circostante sono situati in profondità e non sono osservabili se non mediante la perforazione di pozzi.

Inoltre i depositi quaternari che li costituiscono sono interessati da pieghe e faglie il cui studio è di estremo interesse per capire l'evoluzione tettonica dei rilievi stessi.

In particolare attualmente sul Monte Netto sono in corso importanti studi da parte del Dipartimento di Scienze Chimiche e Ambientali dell'Università dell'Insubria di Como e del Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio" dell'Università Statale di Milano. Tali studi sono volti alla ricerca di evidenze paleosismiche al fine di chiarire il potenziale sismotettonico di questa porzione di pianura (Berlusconi A. et al, 2007; Livio F.A. et al., 2009).

Per questi motivi il Monte Netto costituisce un Geosito di interesse geologico-strutturale di livello regionale (ai sensi dell'art. 22 del Piano Paesaggistico Regionale approvato con d.g.r. 16 gennaio 2008 n. 8/6447), come indicato nell'Allegato 14 alla D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374

Sul rilievo di Capriano del Colle sono state cartografate le unità di seguito descritte, a partire dalla più antica (Baroni, Cremaschi, 1987).

Depositi alluvionali del Pleistocene medio. Ghiaie e sabbie (fg1)

Comprendono ghiaie e sabbie grossolane a stratificazione incrociata, riferibili a motivi deposizionali di pianura alluvionale con corsi d'acqua ad andamento sinuoso. Alcune scarpate di cave e le stratigrafie dei pozzi (es. pozzo n.4) rilevano la presenza di depositi fini limosi e argillosi, interpretati in letteratura come riempimenti di canali.

Al tetto di questa unità si trova un suolo policiclico dello spessore medio di 150 cm, che è sepolto dal loess dell'unità di seguito descritta ed è comparabile ai suoli evoluti del Pleistocene medio finale.

Coltre policiclica di loess - Pleistocene medio-sup. (lo)

Comprende almeno due distinte coltri costituite principalmente da materiale fine, trasportato e deposto dal vento: una inferiore fortemente pedogenizzata, contenente talora manufatti del Paleolitico inferiore (Cremaschi, 1974) e di conseguenza attribuibile al tardo Pleistocene medio e una superiore, meno pedogenizzata, attribuibile al Pleistocene superiore e correlabile con i loess presenti sui colli di Ciliverghe e Castenedolo.

Gli spessori più consistenti (3 m circa) e le concentrazioni maggiori si ritrovano lungo le pendici sud-orientali del colle. Questa geometria potrebbe testimoniare un accumulo dei depositi eolici prodotto da un ostacolo, che farebbe ritenere probabile la provenienza degli stessi da SE/ESE.

Depositi colluviali. Limi e limi argillosi a scheletro generalmente sabbioso e localmente ghiaioso di età olocenica (dc)

Si tratta di depositi a litologia prevalentemente limoso-argillosa includenti una percentuale variabile di sabbia e, talora, di ghiaia. Si ritrovano lungo il margine del rilievo del M. Netto e all'interno delle vallecicole o depressioni che lo solcano. Derivano dall'alterazione dei depositi superficiali del rilievo stesso, costituiti per lo più da suoli e loess.

3.2.2. Pianura

Depositi fluvioglaciali e fluviali (Pleistocene sup. – Olocene p.p.). Sabbie ghiaiose e sabbie limose con intercalazioni limoso-argillose (fg2).

Si tratta di materiali prevalentemente sabbioso-ghiaiosi, subordinatamente sabbioso-limosi, con intercalazioni limoso-argillose che costituiscono il livello fondamentale della pianura e sono stati depositati da un paleo-Mella. Presentano una struttura a grosse lenti caratterizzata da differente granulometria.

Depositi alluvionali del F. Mella (Olocene). Ghiaie sabbiose ricoperte da limi argillosi bruni e bruno-giallastri, con rare intercalazioni ghiaiose

Le alluvioni del F. Mella sono state suddivise in due unità: **alluvioni recenti o medio-recenti (ar) e alluvioni antiche (aa)**; esse sono state distinte in base alla topografia ed alle caratteristiche morfologiche e pedologiche riconoscibili per fotointerpretazione. Dove possibile sono stati utilizzati i dati stratigrafici. Si tratta di depositi fluviali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi contenenti lenti limoso-argillose o limoso-sabbiose. Le stratigrafie dei pozzi presenti in aree limitrofe evidenziano la presenza di un orizzonte superficiale di natura prevalentemente limoso-argillosa potente alcuni metri.

3.3. GEOMORFOLOGIA

Dato lo scopo del presente lavoro, lo studio delle caratteristiche geomorfologiche del territorio ha essenzialmente le seguenti finalità:

- valutare la pericolosità dei processi morfogenetici che possono determinare situazioni di rischio;
- analizzare l'evoluzione geomorfologica del territorio comunale, in modo da verificare la compatibilità di eventuali cambiamenti di destinazioni d'uso;

- evidenziare gli elementi che caratterizzano il paesaggio o che presentano interesse dal punto scientifico – naturalistico.

Gli elementi morfologici di seguito descritti sono riportati sulla CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (Tav.1).

Nel territorio di Capriano del Colle non sono presenti fenomeni di dissesto di rilievo. Anche la *Carta inventario dei fenomeni franosi*, redatta dalla Regione Lombardia (SIT - Dissesto idrogeologico) non ne evidenzia. Solamente lungo le vallecole che incidono il Monte Netto sono localmente presenti piccoli dissesti superficiali di dimensioni tali da non essere cartografabili.

Relativamente al **Monte Netto** sulla Tavola 1 sono indicate le scarpate morfologiche e le scarpate di erosione torrentizia che costituiscono elementi di rilievo nella struttura del paesaggio.

Di particolare rilievo è la scarpata morfologica che delimita il colle verso ovest.

Le scarpate di erosione torrentizia delimitano le vallecole che costituiscono il sistema di drenaggio del rilievo collinare.

Si raccomanda di rispettare la morfologia delle vallecole che, considerata la bassa permeabilità dei depositi che affiorano sul colle e nella fascia pedemontana, costituiscono un importante sistema di drenaggio che va mantenuto sempre efficiente.

La rete idrografica del colle è infatti caratterizzata da una serie di rivi e impluvi con regime stagionale che si irradiano da un'area subpianeggiante sulla sommità del rilievo. Questi corsi d'acqua sono alimentati dalle precipitazioni meteoriche alternando periodi di magra in cui possono essere completamente asciutti a momenti di particolare importanza idrologica in coincidenza di eventi temporaleschi o eventi pluviometrici intensi e prolungati. I vari impluvi che compongono il reticolo idrografico hanno un andamento pressoché rettilineo con rare biforcazioni e allo sbocco della pianura sono intubati e convogliati nel sistema di canalizzazioni artificiali che caratterizza la pianura. Le sponde di questi impluvi possono essere delimitate da scarpate di erosione torrentizia oppure da aree in pendenza modellate dall'uomo. Dal punto di vista idrogeologico il Monte Netto funge da spartiacque con una serie di rii che si dirigono verso nord e confluiscono nel bacino della Roggia Garzetta e un altro gruppo di rii che si dirigono verso sud o sud ovest, andando a confluire nel bacino della roggia Capriana.

Sulla sommità del colle è presente una depressione allungata in senso E-W, in cui si rileva la presenza di acqua stagnante dovuta al cattivo drenaggio dell'acqua piovana; presumibilmente essa corrisponde ad un'antica linea di drenaggio che è stata sensibilmente modificata dall'attività estrattiva, tuttora in atto. Tale depressione prosegue in comune di Poncarale nella vallecchia che scende in pianura tra C.na Sole e C.na Dossello.

Come già sottolineato al par. 3.2.1, il Monte Netto costituisce un Geosito di interesse geologico-strutturale di livello regionale.

Sulla Tavola 1 sono inoltre cartografate le scarpate antropiche che delimitano per lo più aree interessate da attività estrattiva.

Sul Monte Netto è attivo un polo estrattivo di argilla (Ambito Territoriale Estrattivo n. 8b). L'escavazione può spingersi fino alla profondità prevista di 7 metri da p.c., su una superficie di 761.000 m² circa, per 100.000 m³ di quantitativi annui. Il materiale estratto è rappresentato dal suolo sviluppatosi sulle ghiaie del Pleistocene medio e dalla sovrastante coltre di loess più o meno pedogenizzata.

Nel **territorio di pianura**, a sud del colle, è individuato un antico percorso del paleo-Mella, leggibile in base alle quote della superficie topografica(par.3.1).

Nelle aree più recentemente influenzate dal F. Mella sono state cartografate alcune forme fluviali, quali le scarpate di erosione fluviale che costituiscono elementi di rilievo nella struttura del paesaggio lungo il Fiume Mella; inoltre spesso esse segnano vecchi percorsi del fiume e talora contraddistinguono il limite tra le alluvioni antiche e quelle più recenti.

Sempre nelle aree occupate dalle alluvioni del Mella sono tutt'ora visibili alcune depressioni morfologiche lasciate dalle divagazioni dell'alveo del fiume. In particolare nel settore nord-occidentale del territorio comunale si trovano due lanche ora separate dal corso del F. Mella dall'argine che costeggia il fiume (v. Fotografia 1). Al loro interno periodicamente affiora la falda acquifera.

Particolarmente significativo dal punto di vista paesaggistico è un tratto di vecchio alveo abbandonato dal Fiume Mella nel settore centro settentrionale del territorio (v. Fotografia 2) dove il versante occidentale del M. Netto si avvicina al fiume; altrettanto significative sono le antiche anse del fiume nel settore sud, dove il corso d'acqua aveva un andamento meandriforme (v. Fotografia 3).



Fotografia 1 - Lanca nel settore nord-occidentale del territorio comunale



Fotografia 2 - Alveo abbandonato del Fiume Mella



Fotografia 3: Immagine panoramica di un' antica ansa del Fiume Mella a S dell'abitato di Capriano del Colle.
In lontananza C.na Bargnanina e C.na Torricello, situate in posizione leggermente rilevata sulle alluvioni fluviali e fluvioglaciali della pianura.

In linea generale si può comunque affermare che la zona di pianura del territorio non mostra una chiara definizione delle aree di pertinenza fluviale rispetto al livello fondamentale della pianura. Questo è dovuto a cause sia naturali che antropiche. La principale causa naturale è legata al fatto che il Fiume Mella incomincia ad approfondire in modo significativo la valle fluviale all'interno dei depositi della pianura progressivamente a partire proprio da sud del Monte Netto. Questo comporta che la piana alluvionale soprattutto nella zona settentrionale non sia particolarmente depressa rispetto al livello fondamentale della pianura. Inoltre nella zona settentrionale, in località Fenili Belasi, la pianura ha subito un'intensa urbanizzazione che ha modificato la morfologia del territorio.

Nel settore meridionale del territorio comunale, invece, la causa principale è da ricercare nella rielaborazione della superficie topografica conseguente alle attività agricole che hanno determinato la scomparsa delle rotture di pendenza più marcate.

Sulla CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (TAV.1) sono inoltre riportate le aree a rischio di esondazione da parte della Roggia Garzetta e della Roggia Capriana identificate sulla base di dati storici e della morfologia dei luoghi e verificate nell'ambito dello *Studio per la definizione del reticolo idrico minore* (Studio Pezzagno, 2003). Per una loro descrizione si rimanda al capitolo 5 relativo al reticolo idrico.

Anche le aree a rischio di esondazione da parte del Fiume Mella sono descritte al capitolo 5.

3.4. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

I giudizi relativi alle caratteristiche geotecniche dei terreni espressi nel presente paragrafo sono indicativi del comportamento medio del litotipo e non possono quindi sostituire indagini geologiche e geotecniche di dettaglio (come previsto dal D.M. 14 gennaio 2008 *Norme tecniche per le costruzioni*) per la realizzazione di interventi specifici sul territorio; permettono tuttavia di esprimere una valutazione di massima sull'area e di programmare le indagini geotecniche più opportune in relazione alle caratteristiche litologiche.

Indagini geognostiche eseguite nel comune di Capriano del Colle, in particolare sul livello fondamentale della pianura, hanno evidenziato che i terreni di natura ghiaiosa o ghiaioso-sabbiosa, presenti inferiormente al suolo, possiedono caratteristiche

geotecniche buone. Ma la genesi fluviale di questi sedimenti può localmente determinare la formazione di lenti di sedimenti fini quali limo, argilla e talvolta torba intercalati nel deposito ghiaioso. Ai terreni a granulometria ghiaiosa e sabbiosa che costituiscono il livello fondamentale della pianura, sulla base dei risultati ottenuti da indagini e da lavori di tipo geotecnico effettuati, sono attribuibili i seguenti valori indicativi dei parametri geotecnici:

Unità litotecnica	Peso di volume γ (kN/m ³)	Densità relativa Dr (%)	Angolo di resistenza al taglio ϕ' (°)	Modulo da SPT Kg/cm ²
Ghiaie e ghiaie sabbiose	19-20	65-80	33-37	350-500

Le lenti di terreno fine costituite da sabbia fine e limo, indagate principalmente per mezzo di prove penetrometriche dinamiche, sono caratterizzabili con seguenti valori indicativi dei parametri geotecnici:

Unità litotecnica	Peso di volume γ (kN/m ³)	Densità relativa Dr (%)	Angolo di resistenza al taglio ϕ' (°)	Modulo da SPT Kg/cm ²
Sabbia fine e limo	17-19	25 - 50	30 - 33	100 - 200

Mancano invece dati attendibili di tipo geotecnico relativi ai terreni fini, quali argille e torbe, che hanno un comportamento coesivo e che sono geneticamente legati a zone di ristagno della corrente idrica che li ha depositi.

Le caratteristiche litologiche dei depositi che costituiscono il rilievo collinare del Monte Netto permettono di ipotizzare che, localmente, i terreni presenti possano possedere caratteristiche geotecniche da mediocri a scadenti in relazione alla loro granulometria e alla presenza di acqua.

4. PERICOLOSITÀ SISMICA

4.1. INTRODUZIONE

L'attività sismica storica nel bresciano rappresenta la naturale continuazione di quella pliocenica e quaternaria evidenziata nella figura seguente che costituisce uno stralcio della "Carta neotettonica dell'Italia" (Ambrosetti et al., 1987), modificata da Cassinis et alii, 1980. Il territorio di Capriano del Colle appartiene ad "un'area interessata da movimenti alterni di sollevamento e abbassamento, con tendenza al sollevamento durante il Pliocene ed il Quaternario".

La sismicità crostale rappresenta la maggior parte dell'attività sismica registrata dalla Rete Sismica Nazionale Centralizzata gestita da INGV (Istituto Nazionale di Sismica e vulcanologia).

In particolare la sismicità di questa zona è legata alla tettonica molto complessa del margine padano settentrionale. Le sorgenti sismogenetiche dovrebbero trovarsi ad una profondità compresa tra 5 e 15 km, in corrispondenza dello scollamento tra il basamento cristallino e la sovrastante copertura sedimentaria.

4.2. ZONA SISMICA DI APPARTENENZA

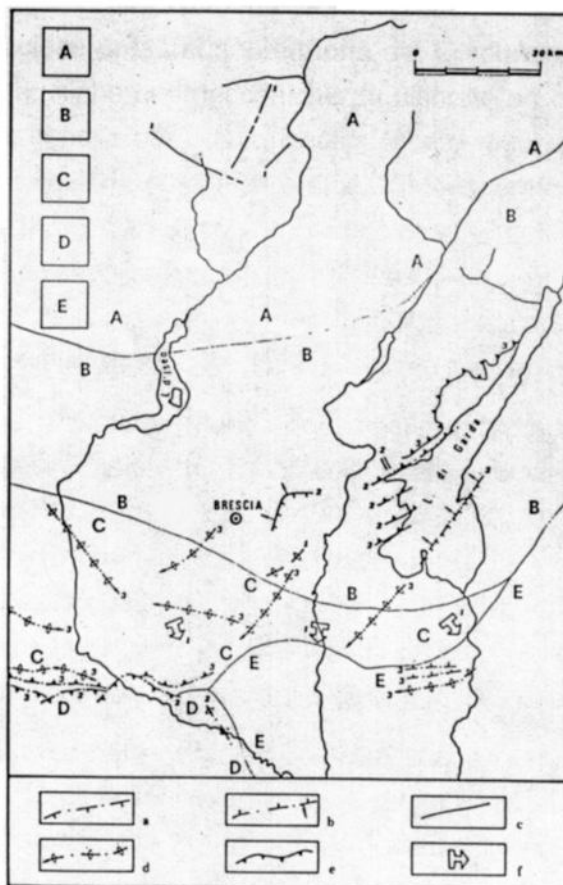
Con l'OPCM n°3274 del 20 Marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" vengono individuate le nuove zone sismiche sul territorio nazionale. L'Ordinanza è in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, dal 23 ottobre 2005.

La Regione Lombardia con D.G.R. 7 novembre 2003 n.7/14964 recepisce, in via transitoria e fino a nuova determinazione, la classificazione contenuta nella OPCM n°3274 del 20 Marzo 2003. Il Comune di Capriano del Colle ricade in Zona Sismica 3.

Il 5 marzo 2008 è entrato in vigore il D.M. 14 gennaio 2008 contenente la nuova normativa tecnica associata alla classificazione sismica.

Fig. 2 – Carta neotettonica riferita al territorio bresciano

(da Cassinis G., Perotti C., Vercesi P.L. (1990) – Prealpi bresciane a sud dell'Adamello: breve sintesi delle conoscenze geologiche e ulteriori temi di ricerca. In: Attualità dell'opera di A. Cozzaglio nel 40° della scomparsa, Ateneo di Brescia)



– Carta neotettonica riferita al territorio bresciano (da Ambrosetti et al., semplificata).

Elementi areali: A = catena alpina interessata da un forte e all'incirca continuo sollevamento durante il Pliocene e il Quaternario. Le deformazioni avvengono per faglie normali e localmente trascorrenti; B = area in sollevamento, con zone stabili o in abbassamento durante il Pliocene inferiore; forte sollevamento durante il Pliocene medio e superiore e il Quaternario; C = area interessata da movimenti alterni di sollevamento e abbassamento, con tendenza al sollevamento durante il Pliocene e il Quaternario; D = area caratterizzata da continuo e intenso abbassamento durante il Pliocene e il Quaternario. Deformazioni pressoché assenti o, localmente, blande per piegamento; E = area interessata da abbassamento generalizzato. Moderate deformazioni avvenute principalmente per piega, e localmente per sovrascorrimento.

Elementi lineari: a = faglia normale; b = faglia inversa; c = faglia di tipo non definito; d = asse di anticlinale; e = sovrascorrimento; f = sollevamento differenziale. Elementi che definiscono i momenti di attività neotettonica degli elementi lineari: 1 = attivo nel Pleistocene-Olocene e forse in precedenza; 2 = attivo nel Pliocene e nel Quaternario; 3 = attivo dal Pliocene (generalmente medio e superiore) al Pleistocene inferiore; 4 = attivo nel Pliocene (generalmente inferiore e medio).

4.3. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

In occasione di eventi sismici le particolari condizioni litologiche e geomorfologiche di una zona possono produrre effetti di amplificazione locale o effetti di instabilità.

La metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, contenuta nell'Allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008, prevede tre livelli di approfondimento in funzione della zona sismica di appartenenza e degli scenari di pericolosità sismica individuati sul territorio.

Il 1° livello di approfondimento consiste nel riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base delle osservazioni di tipo geologico e/o bibliografico. Le diverse situazioni tipo (scenari) in grado di determinare gli effetti sismici locali sono elencate in Tabella 1.

Sigla	Scenari di pericolosità 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	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio $H > 10$ m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali 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 (comprese le coltri loessiche)	
Z4d	Zona 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

Tabella 1 - Scenari di pericolosità sismica locale

Nel territorio esaminato potrebbero verificarsi fenomeni di amplificazione sismica locale riferibili al seguente scenario, rappresentato sulla Carta di della pericolosità sismica locale.

Instabilità

- Z1c - Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana.

Cedimenti e/o liquefazioni

- Z2 - Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati).

Amplificazione topografica

- Z3a - Zona di ciglio di scarpata con altezza $H > 10$ m.

Amplificazione litologica

- Z4a - Zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e fluvioglaciali granulari e coesivi;
- Z4a - Zona del M. Netto con presenza di depositi alluvionali e fluvioglaciali granulari e coesivi.

Nelle aree identificate come “Z1c - Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana”, è prevista l’applicazione diretta del terzo livello di approfondimento previsto dalla normativa regionale necessario per la quantificazione dei fenomeni di instabilità.

Per l’area del M. Netto, dove viene segnalata la presenza di terreni fini dotati di mediocri parametri geotecnici, non si è ritenuto necessario individuare lo scenario Z2 in quanto non si ritiene che tali depositi possano essere soggetti a fenomeni di cedimento in relazione al sisma atteso.

Per gli scenari di pericolosità sismica individuati si rende necessaria l’applicazione del 2° livello di approfondimento previsto dall’Allegato 5 che consente una caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi, in quanto fornisce una stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa).

4.4. APPLICAZIONE DEL 2° LIVELLO

Cedimenti e/o liquefazioni

In questo scenario è stata inserita l'area della discarica con messa in sicurezza di sostanze radioattive dove sono presenti terreni di riporto poco addensati.

Per questo scenario l'allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28/05/2008 prevede l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento in fase di progettazione.

Amplificazione topografica

L'allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28/05/2008 riporta la procedura per la valutazione qualitativa degli scenari morfologici suscettibili di amplificazione sismica. Tale scenario è costituito per il territorio di Capriano del Colle da "Zona di ciglio $H > 10$ m" (Z3a).

Per gli effetti morfologici la procedura fornisce il valore di F_a solamente per l'intervallo di periodo 0.1-0.5 s.

La scheda riportata nell'integrazione dell'allegato 5 (Scheda: "Effetti morfologici – scarpata – scenario Z3a) illustra le caratteristiche morfologiche per la classificazione delle scarpate e per la valutazione del fattore di amplificazione.

Nella scheda si osserva che per scarpate con altezza compresa tra 10 e 20 m il valore di F_a è pari a 1.1 e per scarpate con altezza compresa tra 20 e 40 m il valore di F_a è pari a 1.2.

Le scarpate presenti soprattutto lungo il margine sud-occidentale del M. Netto sono caratterizzate da altezze massime di circa 30 m e comunque inferiori a 40 m.

Si ha quindi un fattore di amplificazione F_a ottenuto dalla scheda per le scenario Z3a con valori compresi tra 1.1 e 1.2 nell'intervallo 0.1-0.5 s.

Tale fattore di amplificazione (F_a) deve essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica nazionale vigente ed essere confrontato con il valore di S_t delle Norme Tecniche per le Costruzioni, che rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa non è sufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione topografica presente nel

sito. Il valore di St di riferimento è quello relativo alla categoria topografia T2, nella quale ricadono le scarpate individuate nel territorio di Capriano del Colle.

Intervallo di periodo 0.1-0.5 s	
Fa abaco	Soglia norma Categoria topografica T2
1.1 ÷ 1.2	1.2

Il confronto mostra come i valori di soglia siano superiori o uguali ai valori di Fa ottenuti dall'abaco.

La procedura semiquantitativa di 2° livello evidenzia che per il territorio di Capriano del Colle la possibile amplificazione sismica di carattere topografico risulta contenuta e che quindi l'applicazione dello spettro previsto dalla normativa (D.M. 14 gennaio 2008) risulta sufficiente a tenere in considerazione i reali effetti di amplificazione topografica.

Amplificazione litologica

L'applicazione del 2° livello di approfondimento richiede la conoscenza di alcuni parametri, tra i quali l'andamento della velocità delle onde di taglio (V_s) con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s, nonché lo spessore e la velocità di ciascun sismostrato.

I dati utilizzati per la ricostruzione del modello geofisico inerenti i vari scenari identificati sono stati ricavati da indagini geofisiche eseguite opportunamente in aree considerate significative.

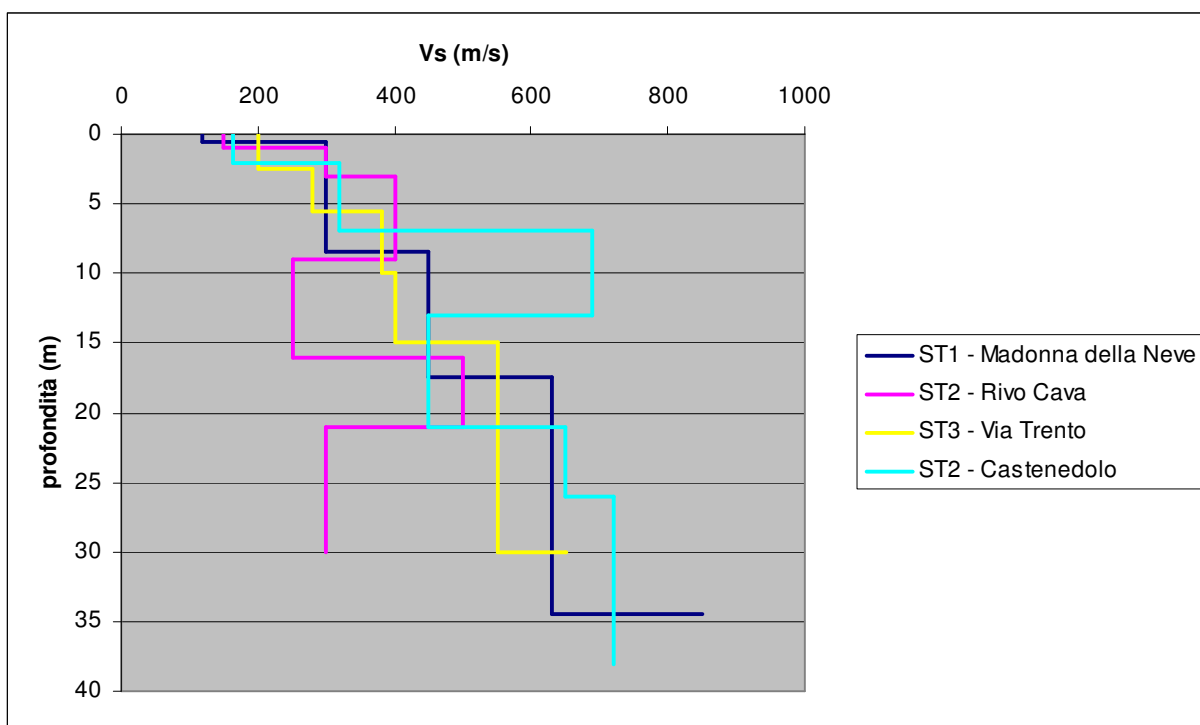
Le indagini hanno previsto l'esecuzione di tre stendimenti di sismica a rifrazione ubicati rispettivamente in prossimità di Madonna della Neve a sud del Colle (ST1), in prossimità del Rivo Cava (ST2) e a nord di Via Trento (ST3).

Purtroppo lo stendimento effettuato sul colle (ST2), data la natura dei terreni e le avverse condizioni meteorologiche, ha fornito dati parzialmente significativi. Quindi per la caratterizzazione geofisica dell'area del M. Netto si è fatto riferimento anche ad una indagine eseguita in corrispondenza del Colle di Castenedolo (ST Castenedolo) che presenta diverse similitudini litologico-strutturali.

Lungo gli stendimenti realizzati sono state effettuate due diverse tipologie di indagini geofisiche:

- indagine di sismica a rifrazione con onde di volume Vp e Vs;
- analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW.

Trattandosi di dati geofisici diretti a questi viene assegnato un grado di attendibilità alto, tranne che per lo stendimento del Colle di Castenedolo al quale, essendo ubicato al di fuori del territorio comunale, viene assegnato un grado di attendibilità medio.



Il grafico precedente illustra l'andamento medio delle Vs con la profondità per l'indagine realizzate.

ST1 – Madonna della Neve

In base ai valori delle onde di taglio (Vs) ricavati, ai terreni ricompresi nell'area di studio è possibile assegnare una categoria di sottosuolo B "Rocce tenere e depositi di

terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti" ($V_{s30} = 424$ m/s).

Il modello geofisico del sottosuolo ricavato (variazione delle onde di taglio Vs con la profondità) ha permesso di calcolare il periodo proprio (T) dei depositi presenti nell'area pari a 0.276 s. Utilizzando la scheda relativa alla litologia limoso-sabbiosa tipo 1 (Allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008), facendo riferimento alla curva 2 (colore verde) e inserendo nell'abaco il periodo $T = 0.276$ s, il fattore di amplificazione risulta $Fa = 1.7$ nell'intervallo 0.1-0.5 s e $Fa = 1.2$ nell'intervallo 0.5-1.5 s.

Questi valori di Fa (Fa abaco) devono essere confrontati con il valore soglia (Soglia norma) fornito dalla Regione Lombardia per il Comune di Capriano del Colle per la categoria di sottosuolo B.

Intervallo di periodo 0.1-0.5 s		Intervallo di periodo 0.5-1.5 s	
Fa calcolato	Soglia norma B	Fa calcolato	Soglia norma B
1.7	1.4	1.2	1.7

Il confronto mostra come il valore di Fa ottenuto dalla procedura contenuta nell'allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008, per l'intervallo di periodo 0.1-0.5 s, risulti maggiore del valore di soglia per la categoria di sottosuolo identificata.

L'applicazione dello spettro previsto dalla normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008) per la categoria di sottosuolo B, per tipologie edilizie caratterizzate da un intervallo di periodo 0.1-0.5 s, risulta insufficiente a tenere in considerazione i reali effetti di amplificazione litologica.

Al contrario, per tipologie edilizie caratterizzate da un intervallo di periodo 0.5-1.5 s, lo spettro previsto dalla normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008) per la categoria di sottosuolo B risulta sufficiente.

Quindi, in fase di progettazione, per tipologie edilizie caratterizzate da un intervallo di periodo 0.1-0.5 s, sarà necessario o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore (Categoria C).

ST2 – Rio Cava

In base ai valori delle onde di taglio (V_s) ricavati, ai terreni ricompresi nell'area di studio è possibile assegnare una categoria di sottosuolo C “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti” ($V_{s30} = 311$ m/s).

Il modello geofisico del sottosuolo ricavato (variazione delle onde di taglio V_s con la profondità) ha permesso di calcolare il periodo proprio (T) dei depositi presenti nell'area pari a 0.356 s. Utilizzando la scheda relativa alla litologia limoso-sabbiosa tipo 2 (Allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008), facendo riferimento alla curva 2 (colore verde) e inserendo nell'abaco il periodo $T = 0.356$ s, il fattore di amplificazione risulta $F_a = 2.1$ nell'intervallo 0.1-0.5 s e $F_a = 1.3$ nell'intervallo 0.5-1.5 s.

Questi valori di F_a (F_a abaco) devono essere confrontati con il valore soglia (Soglia norma) fornito dalla Regione Lombardia per il Comune di Capriano del Colle per la categoria di sottosuolo C.

Intervallo di periodo 0.1-0.5 s		Intervallo di periodo 0.5-1.5 s	
Fa calcolato	Soglia norma C	Fa calcolato	Soglia norma C
2.1	1.8	1.3	2.4

Il confronto mostra come il valore di F_a ottenuto dalla procedura contenuta nell'allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008, per l'intervallo di periodo 0.1-0.5 s, risulti maggiore del valore di soglia per la categoria di sottosuolo identificata.

L'applicazione dello spettro previsto dalla normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008) per la categoria di sottosuolo C, per tipologie edilizie caratterizzate da un intervallo di periodo 0.1-0.5 s, risulta insufficiente a tenere in considerazione i reali effetti di amplificazione litologica.

Al contrario, per tipologie edilizie caratterizzate da un intervallo di periodo 0.5-1.5 s, lo spettro previsto dalla normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008) per la categoria di sottosuolo C risulta sufficiente.

Quindi, in fase di progettazione, per tipologie edilizie caratterizzate da un intervallo di periodo 0.1-0.5 s, sarà necessario o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o

utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore (Categoria D).

ST3 – Via Trento

In base ai valori delle onde di taglio (V_s) ricavati, ai terreni ricompresi nell'area di studio è possibile assegnare una categoria di sottosuolo B “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti” ($V_{s30} = 401$ m/s).

Il modello geofisico del sottosuolo ricavato (variazione delle onde di taglio V_s con la profondità) ha permesso di calcolare il periodo proprio (T) dei depositi presenti nell'area pari a 0.271 s. Utilizzando la scheda relativa alla litologia limoso-sabbiosa tipo 1 (Allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008), facendo riferimento alla curva 2 (colore verde) e inserendo nell'abaco il periodo $T = 0.271$ s, il fattore di amplificazione risulta $F_a = 1.7$ nell'intervallo 0.1-0.5 s e $F_a = 1.2$ nell'intervallo 0.5-1.5 s.

Questi valori di F_a (F_a abaco) devono essere confrontati con il valore soglia (Soglia norma) fornito dalla Regione Lombardia per il Comune di Capriano del Colle per la categoria di sottosuolo B.

Intervallo di periodo 0.1-0.5 s		Intervallo di periodo 0.5-1.5 s	
Fa calcolato	Soglia norma B	Fa calcolato	Soglia norma B
1.7	1.4	1.2	1.7

Il confronto mostra come il valore di F_a ottenuto dalla procedura contenuta nell'allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008, per l'intervallo di periodo 0.1-0.5 s, risulti maggiore del valore di soglia per la categoria di sottosuolo identificata.

L'applicazione dello spettro previsto dalla normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008) per la categoria di sottosuolo B, per tipologie edilizie caratterizzate da un intervallo di periodo 0.1-0.5 s, risulta insufficiente a tenere in considerazione i reali effetti di amplificazione litologica.

Al contrario, per tipologie edilizie caratterizzate da un intervallo di periodo 0.5-1.5 s, lo spettro previsto dalla normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008) per la categoria di sottosuolo B risulta sufficiente.

Quindi, in fase di progettazione, per tipologie edilizie caratterizzate da un intervallo di periodo 0.1-0.5 s, sarà necessario o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore (Categoria C).

ST Castenedolo

In base ai valori delle onde di taglio (V_s) ricavati, ai terreni ricompresi nell'area di studio è possibile assegnare una categoria di sottosuolo B "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti" ($V_{s30} = 442$ m/s).

Il modello geofisico del sottosuolo ricavato (variazione delle onde di taglio V_s con la profondità) ha permesso di calcolare il periodo proprio (T) dei depositi presenti nell'area pari a 0.268 s. Utilizzando la scheda relativa alla litologia limoso-argillosa tipo 2 (Allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008), facendo riferimento alla curva 3 (colore verde) e inserendo nell'abaco il periodo $T = 0.268$ s, il fattore di amplificazione risulta $F_a = 1.7$ nell'intervallo 0.1-0.5 s e $F_a = 1.2$ nell'intervallo 0.5-1.5 s.

Questi valori di F_a (F_a abaco) devono essere confrontati con il valore soglia (Soglia norma) fornito dalla Regione Lombardia per il Comune di Capriano del Colle per la categoria di sottosuolo B.

Intervallo di periodo 0.1-0.5 s		Intervallo di periodo 0.5-1.5 s	
Fa calcolato	Soglia norma B	Fa calcolato	Soglia norma B
1.7	1.4	1.2	1.7

Il confronto mostra come il valore di F_a ottenuto dalla procedura contenuta nell'allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008, per l'intervallo di periodo 0.1-0.5 s, risulti maggiore del valore di soglia per la categoria di sottosuolo identificata.

L'applicazione dello spettro previsto dalla normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008) per la categoria di sottosuolo B, per tipologie edilizie caratterizzate da un intervallo di periodo 0.1-0.5 s, risulta insufficiente a tenere in considerazione i reali effetti di amplificazione litologica.

Al contrario, per tipologie edilizie caratterizzate da un intervallo di periodo 0.5-1.5 s, lo spettro previsto dalla normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008) per la categoria di sottosuolo B risulta sufficiente.

Quindi, in fase di progettazione, per tipologie edilizie caratterizzate da un intervallo di periodo 0.1-0.5 s, sarà necessario o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore (Categoria C).

4.5. CONCLUSIONI DELL'ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

La procedura semiquantitativa di 2° livello evidenzia che per per tutto il territorio di Capriano del Colle l'applicazione dello spettro previsto dalla normativa (D.M. 14 gennaio 2008) non risulta sufficiente.

Nelle aree inserite nello scenario "*Z4a - Zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e fluvioglaciali granulari e coesivi*", in fase di progettazione per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0,1 - 0,5 s, qualora l'indagine geologica-geotecnica (ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008) evidenzi la presenza di terreni riferibili alla categoria di sottosuolo B, si dovrà applicare lo spettro di norma riferito alla categoria di sottosuolo C o, in alternativa, realizzare un approfondimento applicando l'analisi di 3° livello prevista dalla D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008 (all. 5) sulla base di dati sito-specifici.

Qualora, invece, si rinvenissero terreni ricadenti nelle altre categorie (C, D ed E), verrà utilizzato lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo di appartenenza.

Nelle aree inserite nello scenario "*Z4a - Zona del M. Netto con presenza di depositi alluvionali e fluvioglaciali granulari e coesivi*", in fase di progettazione per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0,1 - 0,5 s, qualora l'indagine geologica-geotecnica (ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008) evidenzi la presenza di terreni riferibili alla categoria di sottosuolo B o C, si dovrà applicare lo spettro di norma riferito alla

categoria di sottosuolo C o D o, in alternativa, realizzare un approfondimento applicando l'analisi di 3° livello prevista dalla D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008 (all. 5) sulla base di dati sito-specifici.

Qualora, invece, si rinvenissero terreni ricadenti nelle altre categorie (D ed E), verrà utilizzato lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo di appartenenza.

Al contrario, per tipologie edilizie caratterizzate da un intervallo di periodo 0.5-1.5 s, lo spettro previsto dalla normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008) per la categoria di sottosuolo B o C risulta sufficiente.

5. SISTEMA IDROGRAFICO

La rete idrografica, riportata sulla Carta idrogeologica e del sistema idrografico (Tav. 2), è tratta dallo *Studio del reticolo idrico minore* (Studio Pezzagno, 2003).

Tale studio, oltre a individuare il reticolo idrico minore, ha delimitato le fasce di rispetto sui corsi d'acqua all'interno delle quali gli organi competenti svolgono le funzioni concessorie e di polizia idraulica. A tale fine i progettisti (Dr. Ing. Francesco Pezzagno e Dr. Ing. Paolo Pezzagno) hanno redatto il Regolamento Normativo che riporta le norme da applicare e le modalità di applicazione delle stesse. Il presente studio geologico recepisce le fasce di rispetto nella Carta dei Vincoli.

A tale elaborato si rimanda per una dettagliata descrizione dei corsi d'acqua che interessano il territorio di Capriano del Colle. Nel presente capitolo sono trattate le problematiche che riguardano il rischio di allagamento da parte della rete idrografica.

5.1. RETICOLO IDRICO PRINCIPALE: FIUME MELLA

5.1.1. Fasce fluviali e valutazione delle condizioni di rischio

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po con deliberazione 26 Aprile 2001, n° 18 ed approvato con D.P.C.M. 24 Maggio 2001 ha stabilito la delimitazione delle Fasce Fluviali del Fiume Mella a partire dal Comune di Concesio fino alla foce in Oglio.

Le fasce fluviali della sponda sinistra interessano il territorio di Capriano del Colle e sono riportate sulla CARTA DEI VINCOLI – TAV.4:

- il limite della fascia di deflusso della piena (Fascia A) coincide con il tracciato degli argini lungo tutto il percorso;
- il limite della fascia di esondazione (Fascia B), in sponda sinistra, coincide con il limite della Fascia A dall'inizio del tratto di fiume che interessa il territorio comunale fino all'abitato di Capriano. A valle del ponte della SP n.21, ad una distanza di 460 m dallo stesso, inizia un limite esterno "di progetto" della Fascia B che corre ad una distanza variabile tra 350 e 750 m dall'argine, per un buon tratto lungo la strada comunale per Bagnolo Mella, fino alla località Torricello, circa 210

m a valle della traversa di presa della Roggia Gambaresca, laddove il limite della Fascia torna a coincidere con quello della Fascia A sull'argine.

- Il limite esterno della Fascia C (area di inondazione per piena catastrofica) segue il piede del rilievo del Monte Netto fino a Capriano, includendo una parte della zona edificata. A sud dell'abitato di Capriano la fascia si allarga sensibilmente, fino ad una distanza di 1900 metri dall'argine.

Nel 2004, su incarico dell'Amministrazione Comunale, è stata effettuata da parte dell' Ing. Giuseppe Rossi, una *valutazione delle condizioni di rischio idraulico nei territori in comune di Capriano del Colle compresi nella fascia C del Fiume Mella* al fine di adeguare gli strumenti urbanistici alla condizione di rischio idraulico, come richiesto dall'art. 18 delle Norme di Attuazione del PAI. Sono stati quindi analizzati gli elementi idrologici e idraulici secondo le direttive dell'Autorità di Bacino e della Regione, contenute nel PAI e nella D.G.R. 11.12.2001, n° 7/7365.

Di seguito si riporta la descrizione dell'alveo del Fiume Mella e della regione fluviale, tratta dallo studio dell' Ing. Giuseppe Rossi sopra citato.

Il tratto di Fiume Mella preso in considerazione nella verifica, inizia in località Fenili Belasi, in corrispondenza del ponte della SP n° 19 e termina a valle della traversa di presa della Roggia Gambaresca, poco prima del ponte in località Corticelle Pieve.

L'intero tronco, della lunghezza di circa 8 chilometri è regimato ed incanalato con opere idrauliche di contenimento e difesa, risalenti alla metà del secolo scorso, classificate fra le opere idrauliche della terza categoria, secondo le disposizioni del T.U. approvato con R.D. 25.07.1904, n° 523.

Il corso fluviale si sviluppa con andamento caratterizzato da tratti rettilinei e da curve regolari ed ampie, realizzate artificialmente a rettifica dell'originale percorso naturale serpeggiante, specialmente nel tratto da Capriano a Corticelle, ed a interclusione delle zone di originaria espansione delle piene.

L'alveo presenta sezioni uniformi con argini continui in frodo, costruiti in rilevato di terra sul piano di campagna, ad unica pendenza delle scarpate interne ed esterne, e con vie alzaie carreggiabili.

Le scarpate interne ed il piede degli argini sono protetti da una difesa in scogliera di pietrame e, localmente, da un rivestimento in calcestruzzo.

Il fondo dell'alveo è piano e regolare, privo di consistenti depositi alluvionali ed altri ostacoli rilevanti.

Le scarpate interne degli argini sono ricoperte dal deposito alluvionale fine e dalla vegetazione spontanea, costituita in prevalenza da erba, cespugli e rovi, e solo localmente da alberi d'alto fusto: generalmente salici, robinie e pioppi.

L'andamento longitudinale del piano di scorrimento del Mella è stabilito dalle traverse di presa dei tre importanti canali irrigui derivati (Capriana, Movica, Gambaresca) e dalle soglie dei ponti d'attraversamento stradale (SP n° 19, SP. IX , SP n° 21, SP n° 75).

In corrispondenza delle traverse e delle soglie, l'alveo si approfondisce con salti di fondo a cascata, di altezza rilevante, attorno ai due metri, solo nel caso delle traverse di presa dei canali irrigui.

Le strutture dei ponti stradali della SP n° 19 e n° 21 interferiscono con il deflusso della piena, a causa della presenza, in entrambi i casi, di una pila in alveo. Gli impalcati di tutti i ponti invece si trovano a quota uguale o superiore alla quota degli argini e pertanto non interferiscono con il deflusso delle piene, fin tanto che queste sono contenute nell'alveo arginato.

All'inizio di questo tronco fluviale confluisce, dalla destra, il Vaso Mandolossa, proveniente dalle colline di Gussago e Cellatica ed inoltre ricettore delle acque piovane di una parte delle zone urbane dell'Oltremella di Brescia e delle zone industriali delle località Mandolossa e di una parte delle acque del torrente Gandovere.

Poco dopo la foce del Vaso Mandolossa, circa 100 metri a monte del ponte della SP IX, confluisce in Mella, ancora dalla destra, lo scaricatore del Vaso Quinzanella, il quale è normalmente alimentato dalla sorgiva naturale della zona dei fontanili di Torbole Casaglia, ed utilizzato quale recapito di acque del drenaggio urbano e di scarico d'estremità dei vasi del sistema irriguo della Roggia Travagliata.

Sempre in questa località, presso il ponte della SP IX, confluisce dalla sinistra il Vaso Garzetta delle Fornaci, anch'esso ricettore e vettore di acque del drenaggio urbano.

Nella restante parte del tronco fluviale considerato non si trovano altri apporti di rilievo.

A fianco dell'argine sinistro del Mella, in Comune di Capriano del Colle, il terreno è a destinazione agricola o allo stato naturale, senza soluzione di continuità. Anche in corrispondenza delle zone urbane di Fenili Belasi e del centro di Capriano, il limite delle aree urbanizzate dista generalmente oltre 100 metri dall'argine, con poche eccezioni.

La morfologia del terreno adiacente all'argine è caratterizzato dalla presenza di numerose bassure e scarpate irregolari, relitti dell'alveo naturale preesistente alle opere di rettifica del corso fluviale e di arginatura.

Dal 1984 è in funzione presso il ponte della Stocchetta di Brescia una stazione idrometrica dotata di strumentazione elettronica per la registrazione dei dati. a 1984 al 2004 il massimo evento di piena si è verificato nell'ottobre 1993 con due picchi istantanei nei giorni 2 e 8. La portata massima ha raggiunto il valore di circa 400 m³/s ed è durata pochi minuti; la durata delle portate di allarme è stata di alcune ore.

Durante questo evento si è verificata la rottura di un tratto di argine sinistro del Mella a Fenili Belasi, a valle della traversa di presa della Roggia Capriana ed il conseguente allagamento di una vasta area (corrispondente ad un paleoalveo del Mella), compresa fra la Roggia Capriana ed il corso fluviale fino al ponte della SP IX. Nel seguente tratto gli argini sono stati sufficienti a contenere il livello massimo della piena, sebbene con franchi ridottissimi o quasi nulli, come a valle del ponte della SP n° 21, dove, con lavori di pronto intervento eseguiti durante il transito della piena, è stato sopralzato l'argine con sacchi di terra. Solamente a valle della presa della Roggia Movica si è registrato l'allagamento di una limitata fascia di terreno a ridosso dell'argine, per la lunghezza di circa 700 m.

Di seguito si riporta brevemente la descrizione delle classi di rischio individuate sulla base della morfologia del territorio, confrontata con i livelli delle piene ottenuti mediante la modellazione idraulica, rimandando allo studio dell'Ing. Rossi per qualsiasi approfondimento.

Aree a rischio molto elevato R4: *per le quali sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici e alle infrastrutture, danni al patrimonio culturale*

- Area depressa dell'estensione di circa 90.000 m² in località Fenili Belasi, a valle della traversa di presa della Roggia Capriana.

Aree a rischio elevato R3: *per le quali sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socio economiche, danni al patrimonio culturale.*

- Fascia continua a lato dell'argine sinistro del Mella, di estensione variabile, in funzione della morfologia del terreno e della presenza di blocchi di ostruzione al

deflusso delle acque (recinzioni, argini, rilevati stradali, ecc.), entro la quale è possibile l'instaurarsi di un flusso d'acqua, in caso di sormonto o rotte d'argini a monte.

Aree a rischio medio R2: *per le quali sono possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e lo svolgimento delle attività socio economiche.*

- Fascia esterna alla precedente a quota inferiore rispetto al massimo livello teorico della piena di riferimento avente tempo di ritorno di 200 anni, in buona parte urbanizzato.

Aree a rischio moderato R1: *per le quali sono possibili danni sociali ed economici marginali.*

- Piccole fasce esterne alle precedenti in località Fenili Belasi e Capriano ed aree molto estese nel territorio pianeggiante a valle di Capriano, in funzione della morfologia del terreno, fino al limite esterno della Fascia C del PAI.

All'interno delle aree classificate a differente rischio idraulico **R4**, **R3** e **R2** sono state definite le norme che regolamentano le attività vietate o sottoposte a verifica di compatibilità idraulica (cap. 9). La delimitazione di queste aree è riportata, oltre che nello studio dell'Ing. Rossi, sulla CARTA DI SINTESI - TAV.5 e sulla CARTA DI FATTIBILITÀ PER LE AZIONI DI PIANO – TAV. 6 .

Nelle aree classificate a rischio idraulico **R1** non sono state definite norme di regolamentazione in quanto non si riscontrano limitazioni d'uso.

5.2. RETICOLO IDRICO MINORE E AREE A RISCHIO DI ESONDAZIONE DELLA ROGGIA GARZETTA E DELLA ROGGIA CAPRIANA

Il territorio di Capriano del Colle è interessato da un reticolo idrico ben sviluppato. La Roggia Garzetta e la Roggia Capriana ne costituiscono gli elementi principali.

La Roggia Garzetta (o Garzetta delle Fornaci) proviene da Brescia e trae origine dal Torrente Garza in via Trento a Brescia; in via Salgari (sempre in comune di Brescia) riceve le acque del Fiume Grande Superiore. Confluisce nel Fiume Mella in località Fenili Belasi, nei pressi del ponte della S.P. IX.

La Roggia Capriana trae origine dal Fiume Mella, appena a valle del ponte della S.P. IX.

Sulla base dei sopralluoghi effettuati e delle informazioni raccolte presso l'Ufficio tecnico sono state individuate alcune aree che storicamente sono state allagate dalla Roggia Garzetta e dalla Roggia Capriana. Queste aree sono state inoltre verificate dallo Studio Pezzagno nell'ambito dello *Studio del reticolo idrico minore*. Esse sono riportate sia sulla CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (TAV. 1) che sulla CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO (TAV. 2).

Queste aree sono:

1) Zona a rischio di esondazione della Roggia Garzetta. Le problematiche idrauliche sono connesse al determinarsi di condizioni di piena eccezionale della Roggia Garzetta che non riuscendo a ricevere le acque della Roggia Rabbiosa ne determina lo straripamento e l'allagamento dell'area identificata sulle tavole. Il risezionamento del vaso della Roggia Garzetta previsto nell'*Accordo di programma per la realizzazione degli interventi sul regime delle acque nella zona posta a sud ovest di Brescia* sottoscritto dai comuni di Brescia, Capriano del Colle, Castelmella e Flero in data 18/12/2002, porterà a ridurre l'estensione dell'area e il livello di rischio.

2) Zona a rischio di esondazione della Roggia Capriana: il rischio di allagamento da parte della Roggia Capriana è causato dall'insufficienza della sezione del vaso che in determinate condizioni idrauliche non è in grado di smaltire l'onda di piena. Lo Studio Pezzagno ha predisposto un progetto definitivo (luglio 1998) delle *Opere per la formazione del fugatore nel Fiume Mella per lo smaltimento delle acque di supero della Roggia Capriana* e il *Piano generale per la sistemazione idraulica del Montenetto* (1995) che quando saranno realizzati porteranno ad una riduzione dell'estensione dell'area allagabile e del livello di rischio.

Oltre alla Roggia Garzetta ed alla Roggia Capriana nel territorio di Capriano del Colle sono presenti i seguenti corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore:

- Roggia Tombolina;
- Roggia Rabbiosa;
- Rivo della C.na Gilii;
- Rivo della C.na Braga;
- Rivo Cava;
- Rivo Tese;
- Rivo dei Feniletti;

- Rivo della C.na Colombaie;
- Rivo della C.na Caselle;
- Roggia Ravenola;
- Vaso Fiume delle Fornaci;
- Roggia Movica.

Per una descrizione dei corsi d'acqua si rimanda allo *Studio del reticolo idrico minore* (Studio Pezzagno, 2003).

6. IDROGEOLOGIA

6.1. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Lo studio delle caratteristiche idrogeologiche del territorio nell'ambito del presente lavoro è finalizzato principalmente alla tutela delle risorse idriche sotterranee e delle captazioni a scopo idropotabile. Le caratteristiche idrogeologiche del territorio comunale sono illustrate dalla CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO (TAV.2).

Dal punto di vista idrogeologico il settore di pianura di Capriano del Colle è caratterizzato da depositi granulometricamente rappresentati da ghiaia e sabbia con intercalazioni sabbiose limose o ghiaioso limose che costituiscono i depositi fluviali del Fiume Mella (Olocene) e i depositi fluviali e fluvioglaciali del livello fondamentale della pianura sedimentatisi nel corso del Pleistocene superiore e dell'Olocene. Si tratta di depositi caratterizzati da valori di permeabilità piuttosto alti che costituiscono un'unità idrogeologica definita ghiaioso sabbiosa (Denti, Lauzi, Sala, Scesi, 1988).

Lo spessore di questa unità idrogeologica si assottiglia avvicinandosi al M. Netto, in quanto il sollevamento del substrato roccioso sepolto verificatosi nel Pleistocene medio ha necessariamente condizionato i successivi processi fluviali di erosione e di deposito. Lo spessore infatti varia dai 50 /60 m a nord del M. Netto ai 20/30 m nella zona a sud del territorio comunale (v. sezioni § 6.2).

Alla base dell'unità ghiaioso sabbiosa sono presenti depositi costituiti prevalentemente da alternanze di ghiaia più o meno cementata, sabbia e argilla, riferibili al Pleistocene medio definita unità a conglomerati (Denti, Lauzi, Sala, Scesi, 1988). Tale unità affiora in corrispondenza del M. Netto a causa del sollevamento citato.

Più in profondità si trovano i depositi sabbiosi, limosi e argillosi, con rare intercalazioni di materiali più grossolani, appartenenti all'unità Villafranchiana di origine continentale e marina. Questa unità non affiora, ma è individuabile nelle stratigrafie dei pozzi.

L'unità ghiaioso-sabbiosa e l'unità conglomeratica contengono una falda acquifera la cui potenzialità varia in relazione allo spessore dei depositi permeabili. La presenza di orizzonti a minore permeabilità, costituiti sia da livelli a granulometria fine che da conglomerati compatti, determina un deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi più

permeabili e di conseguenza la circolazione idrica si sviluppa prevalentemente in livelli sovrapposti. Nell'unità conglomeratica la presenza di banchi o di lenti a minore permeabilità, costituiti da conglomerati compatti o da livelli argillosi, determina un locale confinamento della falda negli orizzonti più permeabili all'interno dei conglomerati stessi. Si ritiene comunque che i livelli acquiferi siano in parte tra loro intercomunicanti, in quanto gli orizzonti a bassa permeabilità non sembrano estesi e continui a tal punto da separare completamente gli acquiferi. Inoltre pozzi e piezometri mal realizzati possono mettere in comunicazione acquiferi differenti. Di conseguenza i livelli acquiferi contenuti nell'unità ghiaioso-sabbiosa e nell'unità conglomeratica possono essere ricondotti ad un'unica circolazione idrica sotterranea.

Al contrario i livelli ghiaioso-sabbiosi presenti all'interno dei depositi limoso-sabbiosi dell'unità Villafranchiana sono sede di falde confinate.

Dal punto di vista della potenzialità si segnala che l'unità ghiaioso sabbiosa descritta in precedenza presenta discrete potenzialità a condizione di trovare spessori di acquifero sufficientemente spessi.

L'unità a conglomerati in questa porzione di territorio è spesso caratterizzata da materiali a granulometria fine e quindi poco permeabili. Essa può comunque contenere livelli acquiferi sabbiosi o ghiaioso-sabbiosi produttivi.

L'Unità Villafranchiana sottostante raramente presenta caratteristiche idrogeologiche tali da permettere un suo sfruttamento per il prelievo di risorse idriche a causa della natura e delle caratteristiche dei materiali costituiti da terre fini aventi bassa permeabilità e trasmissività. Localmente all'interno di questa unità sono presenti lenti sabbiose o sabbioso – ghiaiose che tuttavia presentano generalmente un limitato spessore ed essendo confinate in materiale a permeabilità molto bassa ricevono un'alimentazione lentissima. Inoltre si sottolinea che in alcuni casi le acque presenti in questa unità sono di qualità scadente in quanto contengono elevate quantità di ferro e manganese.

6.2. DESCRIZIONE DELLE SEZIONI IDROGEOLOGICHE

Per illustrare la distribuzione dei depositi presenti nel sottosuolo sono state elaborate due sezioni stratigrafiche, orientate entrambe grosso modo N – S, le cui tracce sono visibili in Tavola 2:

- la sezione A-A' ha una lunghezza di circa 1840 m e intercetta i pozzi n° 1, 2, 12, situati nel settore di pianura.

- la sezione B-B' ha una lunghezza di circa 1280 m e intercetta il pozzo n° 5, situato sul colle, ed i pozzi n. 8b, 9 e 11, ubicati nel settore di pianura.

Nella sezione A-A' sono visibili in superficie i depositi prevalentemente ghiaiosi che presentano locali variazioni nello spessore minimo e massimo (tra 16 e 32 m dal p.c.). Tali variazioni sono dovute ad irregolarità nella morfologia della sottostante unità Villafranchiana.

La sezione B-B' mostra invece una diminuzione dello spessore dei depositi ghiaiosi in direzione del M. Netto in corrispondenza del già citato sollevamento dell'unità Villafranchiana. Questo sollevamento porta in emersione l'unità del Pleistocene medio (pozzo 5) caratterizzata da potenti coperture fini podologiche e loessiche. In tale sezione è possibile notare anche la posizione dei filtri che risultano collocati, nella maggior parte dei casi, nella porzione inferiore dell'unità ghiaioso-sabbiosa, sede dell'acquifero più produttivo. Non mancano comunque, tentativi di sfruttamento idrico degli orizzonti più grossolani all'interno dell'unità Villafranchiana che risultano più protetti rispetto all'acquifero superficiale, ma che sono generalmente caratterizzati da una modesta produttività, destinata a ridursi nel tempo per la lentissima ricarica.

Nelle sezioni è riportato inoltre l'andamento della superficie piezometrica, ricavata dalla Tavola 2, che mostra una soggiacenza della falda rispetto al piano campagna variabile dai 2 ai 5 m. Nella sezione B-B' la piezometrica è stata interrotta per mancanza di dati in corrispondenza del M. Netto.

Sul Monte Netto sono presenti coperture di materiali caratterizzati da permeabilità mediamente bassa, contenenti livelli poroso-permeabili, costituiti da sabbie o ghiaie, caratterizzati da uno spessore piuttosto ridotto e variabile lateralmente. Si possono quindi formare falde acquifere superficiali di scarsa potenzialità e discontinue alimentate dalle precipitazioni.

6.3. POZZI PUBBLICI E PRIVATI

Nella tabella allegata di seguito è riportato un elenco dei pozzi pubblici e di quelli privati per i quali sono stati raccolti dati tecnici e stratigrafici. La loro ubicazione è

rappresentati sulla CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO (TAV. 2), mentre le stratigrafie dei pozzi sono riportate a fine paragrafo.

Nel territorio comunale sono presenti diversi pozzi privati soprattutto nella zona industriale per i quali non si hanno molte informazioni. Questi pozzi captano in genere quasi esclusivamente l'acqua contenuta nell'unità ghiaioso - sabbiosa.

L'approvvigionamento idrico comunale è fornito dai seguenti pozzi:

- Pozzo Bargnanina (n.1)
 - terminato nel 1985
 - profondità: 282,00 m
 - fenestrature da 70,00 a 76,00; da 135,00 a 141,00; 234,00 a 240,00; 267,00 a 273,00 m da p.c.
 - portata al collaudo: 42,00 l/s
 - livello statico al collaudo: 3,8 m
 - livello dinamico al collaudo: 16 m
 - quota di riferimento: 87,3 m s.l.m.
 - falda captata: confinata o semiconfinata
- Pozzo di viale Rimembranze (n.2)
 - terminato nel 1972
 - profondità: 80,00 m
 - fenestrature da 22,00 a 32,00; da 70,00 a 79,00 m da p.c.
 - portata al collaudo: 28,00 l/s
 - livello statico al collaudo: 1,00 m
 - livello dinamico al collaudo: 5,50 m
 - quota di riferimento: 91,2 m s.l.m.
 - falda captata: libera
- Pozzo Fenili Belasi (n.3)
 - terminato nel 2007
 - profondità: 51,00 m

- fenestrate da 9,00 a 18,00; da 40,50 a 44,50 m da p.c.
- portata al collaudo: 20,00 l/s
- livello statico al collaudo: 3,80 m
- livello dinamico al collaudo: 4,88 m
- falda captata: libera + confinata/semiconfinata

È inoltre attivo un pozzo presso il centro sportivo:

- Pozzo campo di calcio (n.13)

N°	Proprietà	Località o denominazione	Quota p.c. (m)	Prof. (m)	Anno perfor.	Stratigr.	Dati idraulici			
							Data	l.s. (m)	l.d. (m)	Q (l/s)
1	Comune	Bargnanina	87.3	282	1970	sì	1985	3.8	16	42
2	Comune	Rimembranze	91.2	80	1972	sì	1973	1.0	5.5	28
3	Comune	Fenili Belasi		51	2006	sì	/	/	/	/
4	Pasotti	Monte Netto	123.1	102	/	sì	/	35	/	/
5	C.na S. Antonio	C.na S. Antonio	112.0	45	1992	sì	1992	15	/	/
6	Acerbis	Fenili Belasi - Zona industriale	101.5	35	1990	sì	1990	2.5	/	/
7	Prefabbricati Bonetti	Fenili Belasi - Zona industriale	101.2	35	1990	sì	1990	2.5	/	/
8a	Aveboni	Fenili Belasi - Zona industriale	101.5	35	1990	sì	1990	2.5	/	/
8b	Aveboni	Fenili Belasi - Zona industriale	101.5	35	1990	sì	1990	2.5	/	/
9	Fonderie Forelli	Fenili Belasi - Zona industriale	101.0	40	1990	sì	1990	2.5	/	/
10	Possi e Faustini	Fenili Belasi	102.5	50	1992	sì	1992	2.0	/	/
11	B.P.R.	Fenili Belasi	103.0	35	1990	sì	1990	3.0	/	/
12	Comune	Campo da calcio	91.0	50	1982	sì	/	/	/	/

Tabella 2 – Pozzi pubblici e privati

6.4. PIEZOMETRIA

Sulla Tav. 2 sono riportate le isopieze elaborate da Tullia Bonomi e Roberto Verro (1998) sulla base dei dati rilevati dal nostro studio nell'ottobre 1996, in occasione della redazione del Progetto di monitoraggio delle acque sotterranee della Provincia di Brescia.

La ricostruzione dell'andamento delle isopieze tiene conto anche della piezometria elaborata per il Comune di Azzano Mella nell'occasione della stesura dello Studio Geologico del Territorio Comunale (Ziliani L., 1996).

L'andamento delle isopieze risente del sollevamento del substrato profondo che ha originato il M. Netto innalzando i sedimenti appartenenti all'Unità Villafranchiana. Il deflusso delle acque sotterranee a nord di Capriano del Colle è generalmente verso S; in corrispondenza del M. Netto le isopieze si incurvano e aggirano il rilievo collinare, determinando a Fenili Belasi un flusso delle acque diretto verso SSW. In corrispondenza dell'abitato di Capriano e a sud del Monte Netto il deflusso delle acque è diretto verso SE. Il gradiente piezometrico varia da 0.5 % nel settore settentrionale e centrale a 0.12% nel settore meridionale, con un dislivello tra nord e sud di circa 20 m.

La soggiacenza della falda varia all'interno del territorio comunale in relazione alla morfologia dei luoghi; in corrispondenza della valle fluviale del Fiume Mella la falda si trova tra 0,0 ÷ 2.0 m da p.c.; mentre in corrispondenza del livello fondamentale della pianura la falda risulta compresa tra 3,0 ÷ 5.0 m da p.c.

Si sottolinea che i dati piezometrici disponibili sono piuttosto scarsi e che di conseguenza la piezometria rappresentata in Tavola 2 deve essere intesa come indicativa.

Il fiume Mella nel territorio di Capriano del Colle si trova generalmente in condizioni di drenaggio rispetto alla falda acquifera, in quanto è alimentato dalle acque di falda. Questa situazione è piuttosto evidente nel periodo estivo, quando la Roggia Capriana deriva quasi tutta l'acqua presente in alveo e, tra la derivazione della Roggia Capriana e quella della Roggia Movica, la portata del Mella aumenta progressivamente grazie all'alimentazione della falda acquifera.

6.5. QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Nel presente paragrafo sono illustrate le caratteristiche qualitative della falda libera captata dal nuovo pozzo di Fenili Belasi, basate sulle analisi chimiche messe a disposizione dall'Ufficio Tecnico, relative al periodo maggio 2007 – febbraio 2008.

La Tabella 3 evidenzia i valori massimi e minimi dei parametri chimici più significativi rilevati, con indicazione dei valori limite previsti dal D. Lgs. 31/2001.

Tutti i parametri chimici rientrano nei limiti di legge. Il Cromo VI non è mai stato rinvenuto.

Le acque analizzate presentano una mineralizzazione media, riferita alla Conducibilità elettrolitica specifica a 20 °C, e risultano dure.

Parametro	Val. max.	Val. min.	Val.limite D. Lgs. 31/01
Conducibilità elett. 20°C (µS/cm)	637	584	-
Durezza tot. (gr. franc.)	35,7	34,0	-
Alcalinità (mg/l HCO ₃ ⁻)	298	258	-
Cloruri (mg/l)	28	18	-
Nitrati (mg/l NO ₃ ⁻)	21,8	20,3	50
Ferro (mg/l)	16,9	3,1	200
Somma Tetracloroetilene e Tricloroetilene (µg/l)	8,9	0,3	10

Tabella 3 - valori massimi e minimi dei parametri chimici più significativi rilevati nel pozzo Fenili Belasi, con indicazione dei valori limite previsti dal D. Lgs. 31/2001

6.6. VULNERABILITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE ALL'INQUINAMENTO

La valutazione del grado di vulnerabilità è stata effettuata utilizzando il sistema DRASTIC, proposto da Aller et Al., 1985 ed utilizzato dall'Epa (U.S. Environmental Protection Agency). Questa metodologia è stata dal nostro Studio applicata per la predisposizione della *Carta della vulnerabilità delle acque sotterranee* della pianura bresciana, realizzata in scala 1:25.000 nell'ambito degli studi geologici per il Piano Territoriale della Provincia di Brescia, riportata nella cartografia del P.T.C.P..

I dati raccolti in occasione del presente lavoro ad una scala più adeguata, hanno consentito di valutare la vulnerabilità delle acque sotterranee con un dettaglio ed una precisione maggiore rispetto all'elaborato del P.T.C.P., pur utilizzando la medesima metodologia.

I parametri su cui si basa il sistema DRASTIC sono i seguenti:

D = Profondità della falda

R = Ricarica della falda

A = Mezzo acquifero saturo

S = Tipo di suolo

T = Inclinazione della superficie topografica

I = Mezzo non saturo

C = Conducibilità idraulica

Di questi 7 parametri i primi due sono dinamici, cioè soggetti a variazioni nel tempo, mentre gli altri 5 sono statici, cioè costanti nel tempo, salvo variazioni antropiche in particolare sul suolo.

La variabilità di ciascun parametro, in conformità con quanto suggerito dal metodo Drastic, è valutata singolarmente attribuendo ad ogni situazione un punteggio (I) variabile da 1 a 10. La maggiore o minore importanza dei diversi parametri è controllata da un peso fisso (P) attribuito al parametro, variabile da 1 a 5, che viene moltiplicato per il punteggio di ogni singolo parametro.

La somma dei punteggi corrisponde ad un indice Drastic ID ($ID = \sum I \cdot P$). I punteggi, compresi tra 23 e 230, sono stati da noi suddivisi in 10 classi di vulnerabilità i cui limiti sono riportati nella tabella seguente.

CLASSI	LIMITI	VULNERABILITA'
1	23-43	minima
2	44-64	estremamente bassa
3	65-85	molto bassa
4	86-106	bassa
5	107-127	medio-bassa
6	128-148	medio-alta
7	149-169	alta
8	170-190	molto alta
9	191-211	estremamente alta
10	212-230	massima

Tabella 4 - Classi di vulnerabilità (DRASTIC 23-230)

Nel territorio comunale sono stati individuati tre ambiti differenti: la valle fluviale del Fiume Mella caratterizzata da depositi fluviali, il livello fondamentale della pianura caratterizzato da depositi fluvioglaciali e fluviali, il rilievo collinare del Monte Netto. Di seguito si sintetizzano in tabelle per ogni ambito territoriale individuato il risultato dell'applicazione del metodo.

Ambito della valle fluviale del F. Mella

	PARAMETRI	CAMPO(RANGE)	PUNTEGGIO (I)	PESO (P)	IxP
D	Profondità falda	0-2 m	10	5	50
R	Ricarica falda	50-200 mm	5	4	20
A	Mezzo acquifero saturo	Ghiaie e sabbie	8	3	24
S	Tipo di suolo	Protettività bassa	8	2	16
T	Pendenza	0-2 %	10	1	10
I	Mezzo non saturo	Ghiaie e sabbia	8	5	40
C	Conducibilità idraulica	4,6-9,2 m/s *10 ⁻⁴	8	3	24
	TOTALE (ID)				184

Tabella 5: Intervalli di valori dei parametri analizzati e relativi punteggi riferiti al territorio occupato dai depositi alluvionali del F. Mella.

L'indice Drastic risulta pari a 184 e corrisponde alla classe di **vulnerabilità molto alta**.

Ambito livello fondamentale della pianura

	PARAMETRI	CAMPO (RANGE)	PUNTEGGIO (I)	PESO (P)	IxP
D	Profondità falda	2-5 m	8	5	40
R	Ricarica falda	50-200 mm	5	4	20
A	Mezzo acquifero saturo	Ghiaie e sabbie	8	3	24
S	Tipo di suolo	Protettività alta	2	2	4
T	Pendenza	0-2 %	10	1	10
I	Mezzo non saturo	Ghiaie e sabbie	8	5	40
C	Conducibilità idraulica	4,6-9,2 m/s *10 ⁻⁴	8	3	24
	TOTALE (ID)				162

Tabella 6: Intervalli di valori dei parametri analizzati e relativi punteggi riferiti al territorio occupato dai depositi fluvioglaciali e fluviali del livello fondamentale della pianura.

L'indice Drastic risulta pari a 162 e corrisponde alla classe di **vulnerabilità alta**.

Ambito Monte Netto

	PARAMETRI	CAMPO (RANGE)	PUNTEGGIO (I)	PESO (P)	IxP
D	Profondità falda	> 20 m	2	5	10
R	Ricarica falda	50-200 mm	5	4	20
A	Mezzo acquifero saturo	sabbie	7	3	21
S	Tipo di suolo	Protettività media	2	2	4
T	Pendenza	0-2 %	10	1	10
I	Mezzo non saturo	sabbie limose	4	5	20
C	Conducibilità idraulica	1,4-3,2 m/s *10 ⁻⁴	2	3	6
	TOTALE (ID)				91

Tabella 7: Intervalli di valori dei parametri analizzati e relativi punteggi riferiti al M. Netto

L'indice Drastic risulta pari a 91 e corrisponde alla classe di **vulnerabilità bassa**.

S

Sezione A-A'

N

1

2

3

F. Mella

F. Mella

97

87

77

67

57

47

37

27

17

7

-3

-13

m s.l.m.

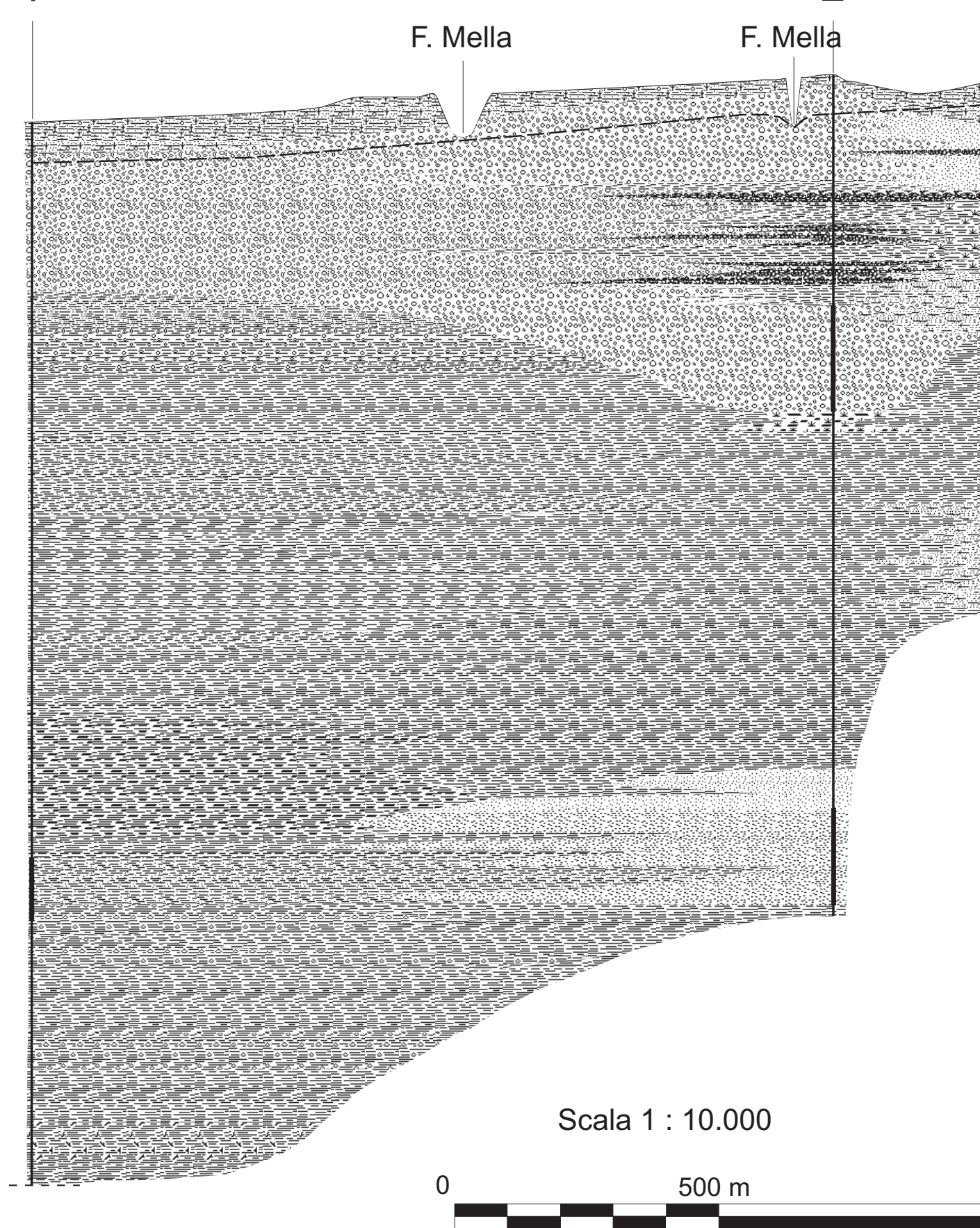
Scala 1 : 500

Scala 1 : 10.000

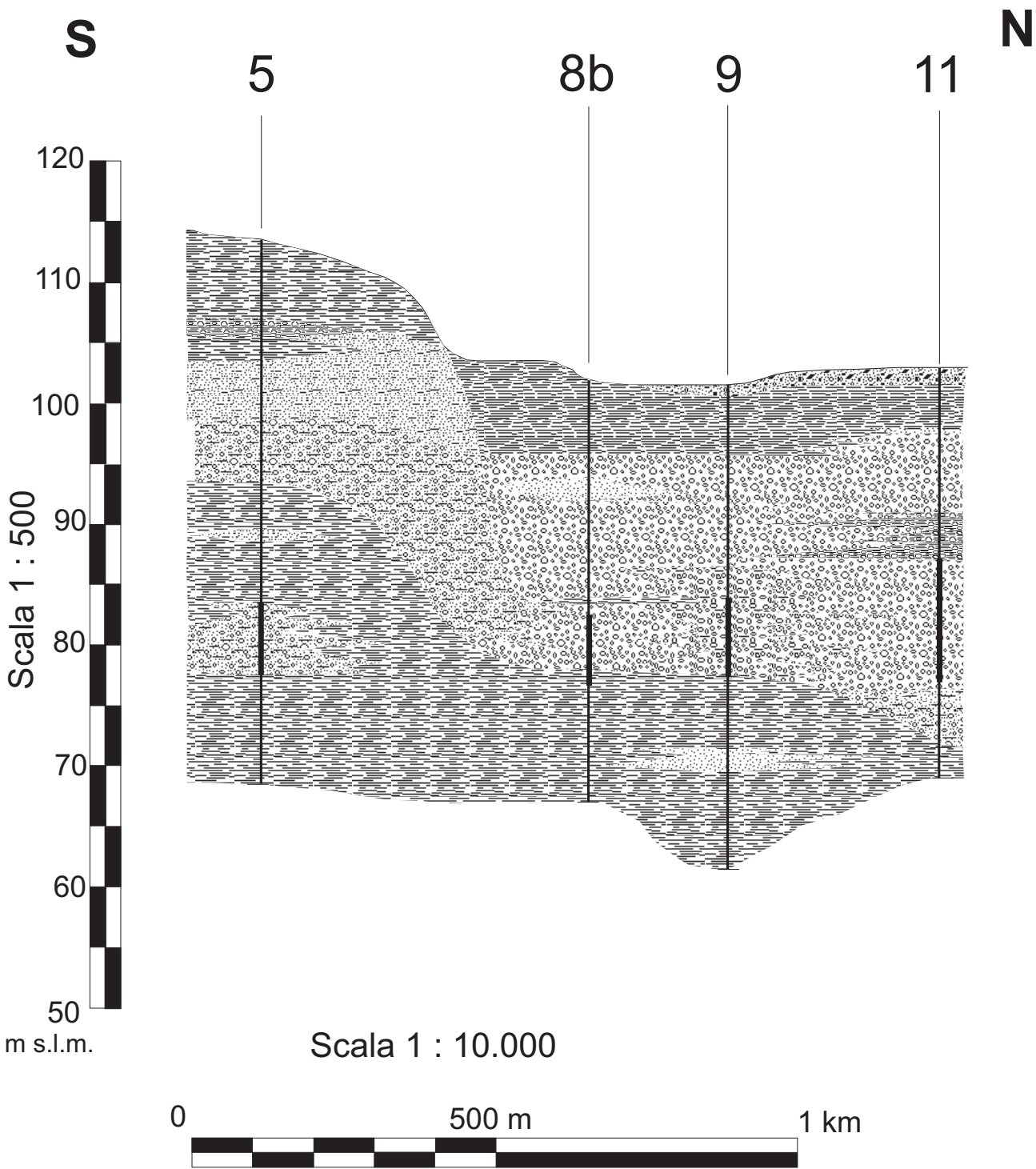
0

500 m

1 km



Sezione B-B'



7. CARTA DEI VINCOLI

Sulla CARTA DEI VINCOLI (TAV. 4) sono riportate tutte le limitazioni d'uso del territorio di carattere prettamente geologico derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore.

VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO (L. 183/89)

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico approvato con d.p.c.m. 24 maggio 2001
(Elaborato n. 8 – Tavole di delimitazione delle Fasce Fluviali).

Sono riportati i limiti della Fascia di deflusso della piena (Fascia A), della fascia di esondazione (Fascia B) e dell'area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C) del F. Mella.

All'interno del territorio di Capriano del Colle il limite della fascia di deflusso della piena (Fascia A) coincide con il tracciato degli argini lungo tutto il percorso.

Il limite della fascia di esondazione (Fascia B) coincide con il limite della Fascia A dall'inizio del tratto di fiume che interessa il territorio comunale fino all'abitato di Capriano. A valle del ponte della SP n.21 inizia un limite esterno "di progetto" della Fascia B che corre ad una distanza variabile tra 350 e 750 m dall'argine, per un buon tratto lungo la strada comunale per Bagnolo Mella, fino alla località Torricello (circa 210 m a valle della traversa di presa della Roggia Gambaresca), laddove il limite della Fascia B torna a coincidere con quello della Fascia A sull'argine.

Il limite esterno della Fascia C (area di inondazione per piena catastrofica) segue il piede del rilievo del Monte Netto fino a Capriano, includendo una parte della zona edificata. A sud dell'abitato di Capriano la fascia si allarga sensibilmente, fino ad una distanza di 1900 metri dall'argine. Per le aree ricadenti in Fascia C l'art. 31 delle norme d'attuazione del PAI stabilisce che siano gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica a regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti previa valutazione delle condizioni di rischio (Ing. Rossi G., 2004 – Cap. 5., par. 5.1.1.).

La delimitazione delle fasce fluviali è stata tratta dalla cartografia del PAI alla scala 1:25.000 e riportata sulle carte di piano (scala 1:5.000); questo passaggio ha comportato modesti aggiustamenti dei limiti delle fasce per adeguarli alla morfologia locale meglio rappresentata dalla base aerofotogrammetria.

AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI A SCOPO IDROPOTABILE

Zona di tutela assoluta delle captazioni ad uso idropotabile. L'area è stata individuata secondo le disposizioni contenute nel D.L.vo. 3 aprile 2006, n.152 (art. 94).

Zona di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile. L'area è stata individuata ai sensi del D.L.vo. 3 aprile 2006, n.152 (art. 94). Per i pozzi Bargnanina (n.1) e Rimembranze (n.2) è stato adottato il criterio geometrico (200 metri di raggio rispetto al punto di captazione), mentre per il pozzo Fenili Belasi (n.3) è stato utilizzato il criterio temporale previsto dalle *Direttive per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee (pozzi e sorgenti) destinate al consumo umano (art. 9, punto 1, lett. f del d.P.R. 24 maggio 1988, n. 236)* - D.G.R. del 27 giugno 1996 n.6/15137.

Al loro interno valgono le prescrizioni contenute al comma 4 dell'art. 94 del D.L.vo. 3 aprile 2006, n.152.

L'attuazione degli interventi o delle attività elencate all'art.94 comma 5 del citato Decreto Legislativo (tra le quali edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione, fognature, opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio) entro le zone di rispetto, è subordinata all'applicazione delle *Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle zone di rispetto*, contenute nella D.G.R. 10 aprile 2003 n.7/12693.

VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA

Fasce di rispetto dei corsi d'acqua.

Sono riportate le fasce di rispetto dei corsi d'acqua tratte dallo studio nello *Studio del reticolo idrico minore* (Studio Pezzagno, 2003).

GEOSITO (ART. 22 DELL'ARTICOLATO DI PIANO DEL PIANO PAESAGGISTICO REGIONALE)

Monte Netto

Geosito di interesse geologico-strutturale di livello regionale (ai sensi dell'art. 22 del Piano Paesaggistico Regionale approvato con d.g.r. 16 gennaio 2008 n. 8/6447).

8. CARTA DI SINTESI

Sulla CARTA DI SINTESI (TAV. 5) sono rappresentati gli elementi di fragilità individuati sul territorio. Sono cartografate quindi tutte quelle situazioni areali o puntuali che sono caratterizzate da fragilità riferita alle diverse componenti ambientali (suolo, sottosuolo, acque superficiali e sotterranee) e che di conseguenza possono comportare delle limitazioni nell'uso del territorio, limitazioni delle quali è necessario tener conto nella stesura del Piano di Governo del Territorio. Di seguito vengono descritti ed analizzati tali ambiti.

AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

Grado di vulnerabilità delle acque sotterranee molto alto

Grado di vulnerabilità delle acque sotterranee alto

Area con emergenza della falda e laghetti di cava

Area di discarica con messa in sicurezza di sostanze radioattive

AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

Sono riportate le aree a rischio idraulico R4, R3 e R2, tratte dallo studio *valutazione delle condizioni di rischio idraulico nei territori in comune di Capriano del Colle compresi nella fascia C del Fiume Mella* (Rossi G., 2003).

Sono inoltre riportate le aree potenzialmente allagabili da parte della Roggia Garzetta e della Roggia Capriana.

AREE DI INTERESSE GEOMORFOLOGICO-PAESAGGISTICO

Il rilievo collinare del Monte Netto rappresenta un'area di notevole interesse dal punto di vista geologico-strutturale poiché costituisce un lembo relitto di un'antica pianura coperto da una coltre loessica fortemente pedogenizzata e contenente manufatti del Paleolitico inferiore (Cremaschi 1975). I depositi affioranti consentono di

conseguenza una ricostruzione particolareggiata delle fasi evolutive legate all'alternarsi dei periodi glaciali ed interglaciali succedutisi nel territorio bresciano. Inoltre tali depositi sono interessati da pieghe e faglie il cui studio è di estremo interesse per capire l'evoluzione tettonica dei rilievi stessi.

In particolare attualmente sul Monte Netto sono in corso importanti studi da parte del Dipartimento di Scienze Chimiche e Ambientali dell'Università dell'Insubria di Como e del Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio" dell'Università Statale di Milano. Tali studi sono volti alla ricerca di evidenze paleosismiche al fine di chiarire il potenziale sismotettonico di questa porzione di pianura.

Per questi motivi il Monte Netto costituisce un Geosito di interesse geologico-strutturale di livello regionale (ai sensi dell'art. 22 del Piano Paesaggistico Regionale approvato con d.g.r. 16 gennaio 2008 n. 8/6447), come indicato nell'Allegato 14 alla D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374.

Inoltre il Monte Netto riveste importanza dal punto di vista geomorfologico e paesistico poiché si eleva isolato dalla circostante pianura. La morfologia originaria di questo rilievo è stata in parte modificata dall'attività antropica, tuttavia il Monte Netto è caratterizzata da un paesaggio geomorfologico unitario di grande valore, i cui elementi strutturanti sono ancora oggi ben leggibili e riconoscibili

Localmente sono presenti coperture di potenza metrica di terreni fini dotati di parametri geotecnici mediocri; pure a carattere locale si possono formare falde acquifere superficiali di scarsa potenzialità e discontinue alimentate dalle precipitazioni.

Nell'ambito del geosito sono state cartografate le aree a maggiore pendenza, considerate a pericolosità potenziale per la presenza di terreni a granulometria fine su pendii inclinati.

9. DESCRIZIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITÀ E NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE

Lo studio condotto ha evidenziato la presenza nel territorio di Capriano del Colle di aree a differente sensibilità nei confronti delle problematiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche. Queste aree, sulla base delle limitazioni di tipo geologico in esse riscontrate, sono state attribuite a quattro classi e sono state cartografate nella CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO (TAV. 6) realizzata in scala 1:5.000.

All'interno di ciascuna classe sono presenti differenti situazioni (sottoclassi) che sono state distinte sulla carta in base al tipo di controindicazione o di limitazione alla modifica della destinazione d'uso. Laddove si verifica una sovrapposizione di due o più classi o sottoclassi, questa è indicata in carta. La descrizione delle classi, per maggiore chiarezza espositiva, è effettuata a partire dalla classe che presenta maggiori limitazioni.

Si sottolinea che, anche se non espressamente richiesto dalla D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374, sono state riportate le aree di salvaguardia dei pozzi comunali, al fine di rappresentare su un unico elaborato cartografico tutte le limitazioni di tipo geologico presenti nel territorio comunale.

CLASSE 4 - FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI

Questa classe comprende aree soggette ad una forte restrizione della fattibilità.

All'interno di questa classe è esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma1, lettere a), b) e c) della L.R. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie all'adeguamento per la normativa antisismica.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili, previa valutazione attenta e puntuale della tipologia del dissesto e del grado di rischio. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

4a - Fascia di deflusso della piena (Fascia A e Fascia B del PAI)

Al suo interno si applicano le Norme di Attuazione del PAI per le Fasce Fluviali, con particolare riguardo a quanto stabilito dagli articoli 1 (comma 6), 29, 32, 38, 38 bis, 38 ter e 39.

4b – Fiume Mella: area a rischio idraulico molto elevato (R4)

All'interno di questa classe è esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b) e c) della L.R. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie all'adeguamento per la normativa antisismica.

4c – Area di discarica con messa in sicurezza sostanze radioattive

Gli interventi consentiti all'interno del sito sono definiti nell'autorizzazione.

4d – Area con emergenza della falda e laghetti di cava

Sono vietate attività che possono costituire un rischio per la qualità delle acque di falda affiorante.

CLASSE 3 - FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

All'interno delle aree definite in classe 3 sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopo edificatorio e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

3a¹ – Fiume Mella: area a rischio idraulico elevato (R3)

La realizzazione di nuovi edifici è sconsigliata o comunque subordinata al fatto che le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa. È vietata la realizzazione di nuovi corpi interrati (autorimesse, cantine, ecc...). Gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e risanamento conservativo, di ristrutturazione edilizia e di nuova costruzione sono subordinati alla presentazione di una verifica di compatibilità idraulica dell'edificio o delle opere in progetto.

3a² – Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico:

- **Fiume Mella: area a rischio medio (R2);**
- **Area potenzialmente allagabile da parte della R. Garzetta e della R. Capriana.**

Sono state inserite in questa sottoclasse situazioni differenti tra loro, ma caratterizzate da una moderata probabilità di essere esposte a fenomeni alluvionali per fuoriuscita di acqua con altezze idriche ridotte dall'alveo dei corsi d'acqua.

Per i nuovi edifici è necessario predisporre uno studio di dettaglio dell'area che valuti le condizioni idrogeologiche ed idrologiche, nonché lo stato di efficienza delle eventuali opere di difesa esistenti e che preveda, se necessario, accorgimenti costruttivi localizzati in corrispondenza delle potenziali vie d'accesso delle acque all'edificio (finestre a raso, bocche di lupo, porte, scivoli dei garage, etc.), al fine di evitare che eventuali acque di scorrimento superficiale possano raggiungere gli edifici stessi. In ogni caso la realizzazione di corpi interrati (autorimesse, cantine, ecc...). è sconsigliata.

Per gli edifici esistenti si consiglia di prevedere alcuni accorgimenti costruttivi localizzati in corrispondenza delle potenziali vie di accesso delle acque all'edificio (finestre a raso, bocche di lupo, porte, scivoli dei garages ecc...) al fine di evitare che eventuali acque di scorrimento superficiale possano raggiungere gli edifici stessi.

3a³ - Fascia di esondazione del Fiume Mella (Fascia B)

Al suo interno si applicano le norme di attuazione del PAI della Fascia B, con particolare riguardo a quanto stabilito dagli articoli, 30, 32, 38, 38 bis, 38 ter e 39.

3b – Area a vulnerabilità alta e molto alta della falda freatica. Le aree indicate con 3b* sono caratterizzate da soggiacenza della falda compresa tra 0 – 2 m da p.c..

La realizzazione di insediamenti potenzialmente idroinquinanti è subordinata all'effettuazione di un'indagine idrogeologica di dettaglio che accerti la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e, se necessario, dia apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi.

Nelle aree 3b*, oltre a quanto prescritto al paragrafo precedente, la realizzazione di piani interrati (autorimesse, cantine, ecc..) è subordinata all'effettuazione di un'indagine geologica e idrogeologica che consenta di valutare le problematiche idrogeologiche connesse alla realizzazione degli interventi, stimando se possibile la massima escursione del livello piezometrico.

3c – Geosito di interesse geologico-strutturale di livello regionale (ai sensi dell'art. 22 del Piano Paesaggistico Regionale approvato con d.g.r. 16 gennaio 2008 n. 8/6447): Monte Netto. Localmente sono presenti coperture di potenza metrica di terreni fini dotati di mediocri parametri geotecnici. Le aree indicate con 3c*, caratterizzate da maggiore pendenza, sono considerate a pericolosità potenziale per la presenza di terreni a granulometria fine su pendii inclinati.

È stato inserito in questa sottoclasse il rilievo collinare del Monte Netto che rappresenta un'area di notevole interesse dal punto di vista scientifico. Infatti, il rilievo collinare costituisce un lembo relitto di un'antica pianura coperto da una coltre loessica fortemente pedogenizzata e contenente localmente manufatti del Paleolitico inferiore. I depositi affioranti consentono una ricostruzione particolareggiata sia delle fasi evolutive legate all'alternarsi dei periodi glaciali ed interglaciali succedutisi nel territorio bresciano, sia dell'evoluzione tettonica del colle.

La realizzazione di edifici è subordinata ad indagine geologica e geotecnica che verifichi la natura dei depositi presenti e valuti la compatibilità dell'intervento con le condizioni geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche del sito, verificando che non vengano alterati gli elementi geomorfologici che strutturano il paesaggio.

Nelle aree indicate come 3c*, nell'ambito della relazione geologica e geotecnica, se ritenuto necessario, si dovrà verificare la stabilità del versante.

Si raccomanda di non modificare il naturale scorrimento delle acque e di ridurre al minimo gli sbancamenti ed i riporti di materiale, al fine di diminuire per quanto possibile l'impatto degli interventi sulla morfologia del colle.

PROCEDURE PER L'APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA GEOLOGICA

Si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità 3 e 4 (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa.

Copia della relazione geologica deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani Attuativi (l.r. 12/2005, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/2005, art. 38).

Si sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste nel testo unico sulle costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008)

SISMICITÀ DEL TERRITORIO

L'analisi della sismicità del territorio ha individuato le aree per le quali si rende necessario un approfondimento delle conoscenze di tipo sismico (3° livello di analisi – All. 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008) che sono costituite dallo scenario “Z1c - Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana” e dallo scenario “Z2 - Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati)”.

In seguito all'applicazione del secondo livello di analisi, come previsto dalla D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005 e successiva D.G.R. n. 8/7374 del 28/05/2008, si è rilevata la presenza sul territorio di aree soggette a fenomeni di amplificazione litologica superiori a quanto previsto dalla normativa tecnica nazionale (D.M. 14 gennaio 2008).

Nelle aree inserite nello scenario “Z4a - Zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e fluvioglaciali granulari e coesivi”, in fase di progettazione per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0,1 - 0,5 s, qualora l'indagine geologica-geotecnica (ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008) evidenzia la presenza di terreni riferibili

alla categoria di sottosuolo B, si dovrà applicare lo spettro di norma riferito alla categoria di sottosuolo C o, in alternativa, realizzare un approfondimento applicando l'analisi di 3° livello prevista dalla D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008 (all. 5) sulla base di dati sito-specifici.

Qualora, invece, si rinvenissero terreni ricadenti nelle altre categorie (C, D ed E), verrà utilizzato lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo di appartenenza.

Nelle aree inserite nello scenario "*Z4a - Zona del M. Netto con presenza di depositi alluvionali e fluvioglaciali granulari e coesivi*", in fase di progettazione per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0,1 - 0,5 s, qualora l'indagine geologica-geotecnica (ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008) evidenziasse la presenza di terreni riferibili alla categoria di sottosuolo B o C, si dovrà applicare lo spettro di norma riferito rispettivamente alla categoria di sottosuolo C o D o, in alternativa, realizzare un approfondimento applicando l'analisi di 3° livello prevista dalla D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008 (all. 5) sulla base di dati sito-specifici.

Qualora, invece, si rinvenissero terreni ricadenti nelle altre categorie (D ed E), verrà utilizzato lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo di appartenenza.

Al contrario, per tipologie edilizie caratterizzate da un intervallo di periodo 0.5-1.5 s, lo spettro previsto dalla normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008) per la categoria di sottosuolo B o C risulta sufficiente.

AREE DI SALVAGUARDIA DEI POZZI

Sulla carta sono riportate anche le aree di salvaguardia delle captazioni a scopo idropotabile.

Zona di tutela assoluta delle opere di captazione ad uso idropotabile.

La zona di tutela assoluta delle opere di captazione, prevista dal D.L.vo. 3 aprile 2006, n.152 (art. 94), deve avere un'estensione di almeno 10 m di raggio e deve essere adeguatamente protetta ed adibita esclusivamente alle opere di captazione e a infrastrutture di servizio.

Zona di rispetto delle opere di captazione ad uso idropotabile.

La zona di rispetto dei pozzi è stata individuata ai sensi del D.L.vo. 3 aprile 2006, n.152 (art. 94). Per i pozzi Bargnanina (n.1) e Rimembranze (n.2) è stato adottato il criterio geometrico (200 metri di raggio rispetto al punto di captazione), mentre per il pozzo Fenili Belasi (n.3) è stato utilizzato il criterio temporale previsto dalle *Direttive per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee (pozzi e sorgenti) destinate al consumo umano (art. 9, punto 1, lett. f del d.P.R. 24 maggio 1988, n. 236)* - D.G.R. del 27 giugno 1996 n.6/15137.

Nella zona di rispetto valgono le prescrizioni contenute al comma 4 dell'art. 94 del D.L.vo. 3 aprile 2006, n.152.

L'attuazione degli interventi o delle attività elencate all'art.94 comma 5 del citato Decreto Legislativo (tra le quali edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione, fognature, opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio) entro le zone di rispetto, è subordinata all'applicazione delle *Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle zone di rispetto*, contenute nella D.G.R. 10 aprile 2003 n.7/12693.

10. CONCLUSIONI

Dal punto di vista geologico e geomorfologico nel territorio di Capriano del Colle si distinguono tre ambiti morfologici: la pianura, l'ambito del Fiume Mella, debolmente ribassato, ed il rilievo del Monte Netto.

La pianura è costituita da depositi fluvioglaciali e fluviali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi con lenti limoso-argillose. La morfologia è pianeggiante.

L'ambito del Fiume Mella è debolmente ribassato rispetto al "livello fondamentale della pianura" e presenta tipiche forme fluviali, quali: scarpate di erosione fluviale, paleovalvei e lanche. I depositi fluviali sono prevalentemente ghiaioso-sabbiosi contenenti lenti limoso-argillose o limoso-sabbiose.

I depositi fluviali e fluvio-glaciali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi ospitano una falda acquifera di un certo interesse. Lo spessore di questi depositi si assottiglia avvicinandosi al Monte Netto. Il grado di vulnerabilità delle acque sotterranee nel territorio di pianura risulta alto e diventa molto alto lungo il Fiume Mella, laddove la falda è a meno di 2 m di profondità dal piano campagna.

Dalla piana alluvionale emerge il Monte Netto, costituito da depositi più antichi della pianura circostante, conservati a causa di un sollevamento del substrato, come la collina di Ciliverghe, il colle di Castenedolo ed il dosso di Pievedizio. Il Monte Netto si innalza di circa 35 metri rispetto alla pianura e costituisce un ampio terrazzo a superficie ondulata, delimitato da una scarpata morfologica che lo raccorda con la pianura.

Dal punto di vista geotecnico i terreni di natura ghiaiosa o sabbiosa, presenti inferiormente al suolo nel settore di pianura, possiedono generalmente caratteristiche geotecniche discrete. Sul Monte Netto sono localmente presenti materiali a granulometria fine che possiedono caratteristiche geotecniche piuttosto mediocri.

Il Monte Netto rappresenta un'area di notevole interesse dal punto di vista scientifico poiché costituisce un lembo relitto di un'antica pianura e sulla sua superficie affiorano unità stratigrafiche che consentono una ricostruzione particolareggiata delle ultime fasi evolutive di questa porzione del territorio bresciano. La coltre di loess che localmente ricopre il colle contiene localmente manufatti paleolitici. Inoltre i depositi quaternari che lo costituiscono sono interessati da pieghe e faglie il cui studio è di estremo interesse

per capire l'evoluzione tettonica del colle e di conseguenza il potenziale sismotettonico di questa porzione di pianura.

Per questi motivi il Monte Netto costituisce un Geosito di interesse geologico-strutturale di livello regionale (ai sensi dell'art. 22 del Piano Paesaggistico Regionale approvato con d.g.r. 16 gennaio 2008 n. 8/6447).

La morfologia originaria di questo rilievo è stata in parte modificata dallo sviluppo dell'abitato e dall'attività agricola, oltre che dall'attività estrattiva di materiale argilloso; tuttavia il Monte Netto è caratterizzato da un paesaggio geomorfologico unitario di grande valore, i cui elementi strutturanti sono ancora oggi ben leggibili e riconoscibili.

Dal punto di vista idrogeologico il Monte Netto è costituito da materiali caratterizzati da permeabilità mediamente bassa, contenenti in profondità livelli acquiferi ghiaioso-sabbiosi. Sul Monte Netto e nella zona pedecollinare, caratterizzati da coperture limoso-argillose e terreni poco permeabili, il grado di vulnerabilità delle acque sotterranee è basso.

L'analisi sismica evidenzia che per tutti gli scenari che fanno riferimento all'amplificazione litologica la possibile amplificazione sismica risulta superiore ai valori di soglia forniti dalla Regione Lombardia e che quindi l'applicazione dello spettro previsto dalla normativa per la categoria di sottosuolo identificata (D.M. 14 gennaio 2008) non risulta sufficiente a tenere in considerazione i reali effetti di amplificazione litologica.

Brescia, Dicembre 2010

Dott. Geol. Laura Ziliani

Dott. Geol. Gianantonio Quassoli

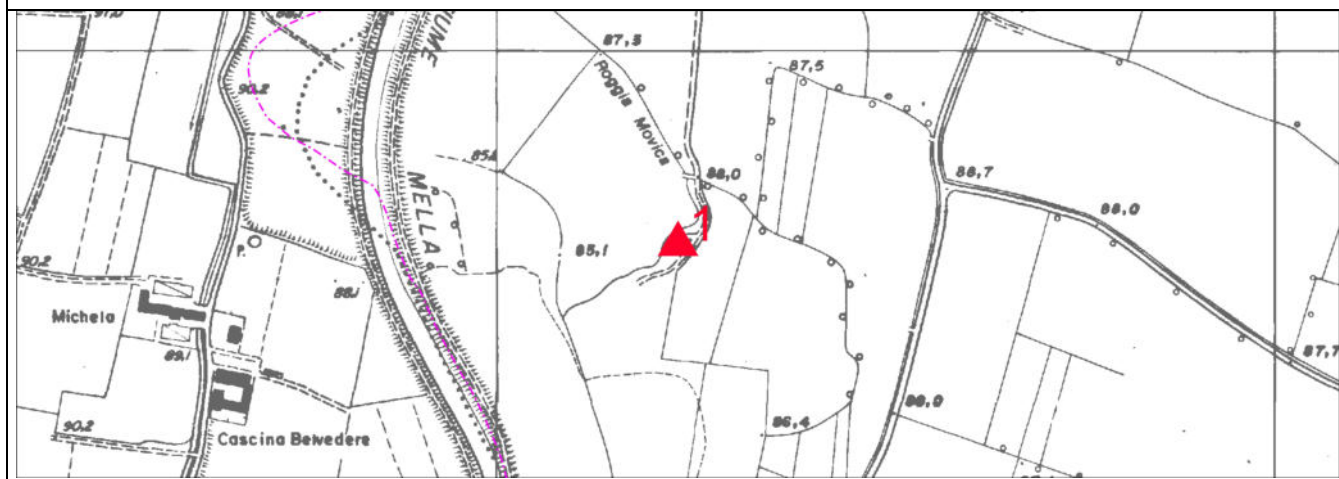
SCHEDA TECNICHE

- SCHEDA PER IL CENSIMENTO DEI POZZI

1 - DATI IDENTIFICATIVI

n° di riferimento e denominazione (1)	1 – Bargnanina
Località	C.na Bargnanina
Comune	Capriano del Colle
Provincia	BS
Sezione CTR	D6b3 – Bagnolo Mella
Coordinate chilometriche Gauss Boaga (da CTR)	Latitudine 1588233 Longitudine 5032752
Quota (m s.l.m.)	87.3
Profondità (m da p.c.)	282.0

UBICAZIONE POZZO (STRALCIO CTR)



2 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Proprietario	Comune
Ditta Esecutrice	
Anno	1985
Stato	
Attivo	X
Disuso (2)	
Cementato	
Altro	
Tipologia utilizzo (3)	Potabile
Portata estratta (mc/a e lt/sec)	42 l/s

SCHEMA DI COMPLETAMENTO

SCHEMA DI COMPLETAMENTO						
Tubazioni (4)						
Tubazione n.	Diametro mm	da m	a m	Filtri	da m	a m
1	457	0.00	101.00	1	70.00	76.00
2	323	101.00	282.00	2	135.00	141.00
				3	234.00	240.00
				4	244.00	247.00
				5	267.00	273.00
Setti impermeabili (5)						
Tipo		da m		a m		

3 - STRATIGRAFIA

TORBOLE CASAGLIA (Bs) Italy
Telefono (030) 2650444-2650305

COMMITTENTE: SPETT.LE AMMINISTRAZIONE COMUNALE

CAPRIANO DEL COLLE BS

Pozzo eseguito a circolazione inversa d'acqua

"BARGHANINA"

SCALA 1:500

DATA GIUG. NOV 84

POZZO 629

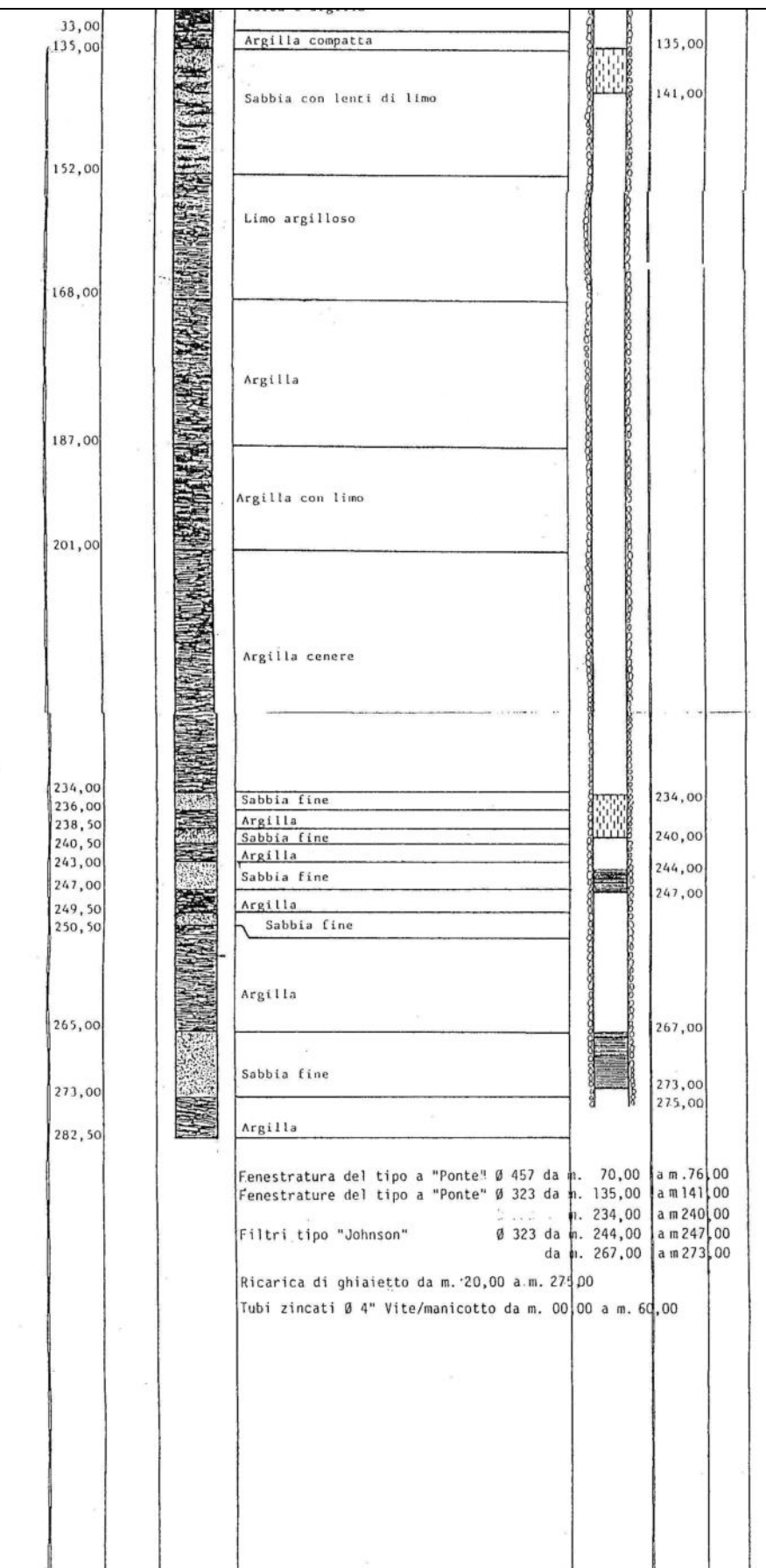
PORTATA

Quota di riferimento	Profondità	Spessori	Sezione terreno	Descrizione litologica	Tubazioni di rivestimento	Profondità	LS. H ₂ O	LD. H ₂ O	✓
	00,00			Terreno vegetale		00,00			
	3,00			Ghiaia sabbia		L/sec	42		
	6,00			Ghiaia e sabbia		L.S.	3 80		
	16,00			Argilla sabbia compatta	ø	L.D.	16 30		
	19,50			Argilla e ghiaia compatta	457				
	23,00			Argilla cenere ghiaia compatta					
	24,00			Argilla gialla					
	30,00			Argilla sabbiosa					
	37,50			Argilla limosa					
	40,50			Argilla cenere compatta					
	44,00			Argilla cenere					
	48,50			Argilla sabbiosa					
	50,00			Argilla grigia					
	56,00			Argilla con venature di carbone					
	63,00			Argilla grigia con carbone					
	68,00			Argilla grigia		68,00			
	70,00			Limo argilloso sabbioso		70,00			
	74,50			Limo argilloso limoso con e conchiglie		76,00			
	80,00			Argilla limosa					
	83,00			Limo argilloso					
	86,50			Argilla limosa con conchiglie					
	90,00			Limo argilloso					
	95,00			Argilla limosa grigia con frammenti di legno					
	99,00			Argilla limosa grigia con venature dure		101,00			
	102,00			Limo con lenti di argilla					
	112,50			Argilla e torba	ø				
	113,50			Argilla durissima					
	114,50			Argilla grigia					
	115,00			Argilla con conchiglie	323				
	120,00			Argilla e torba					
	122,00			Limo argilloso					
	125,50			Torba e argilla					
	127,00			Argilla compatta		135,00			
	133,00			Sabbia con lenti di limo		141,00			
	135,00								
	152,00			Limo argilloso					
	168,00								

1
Pag.
1/2

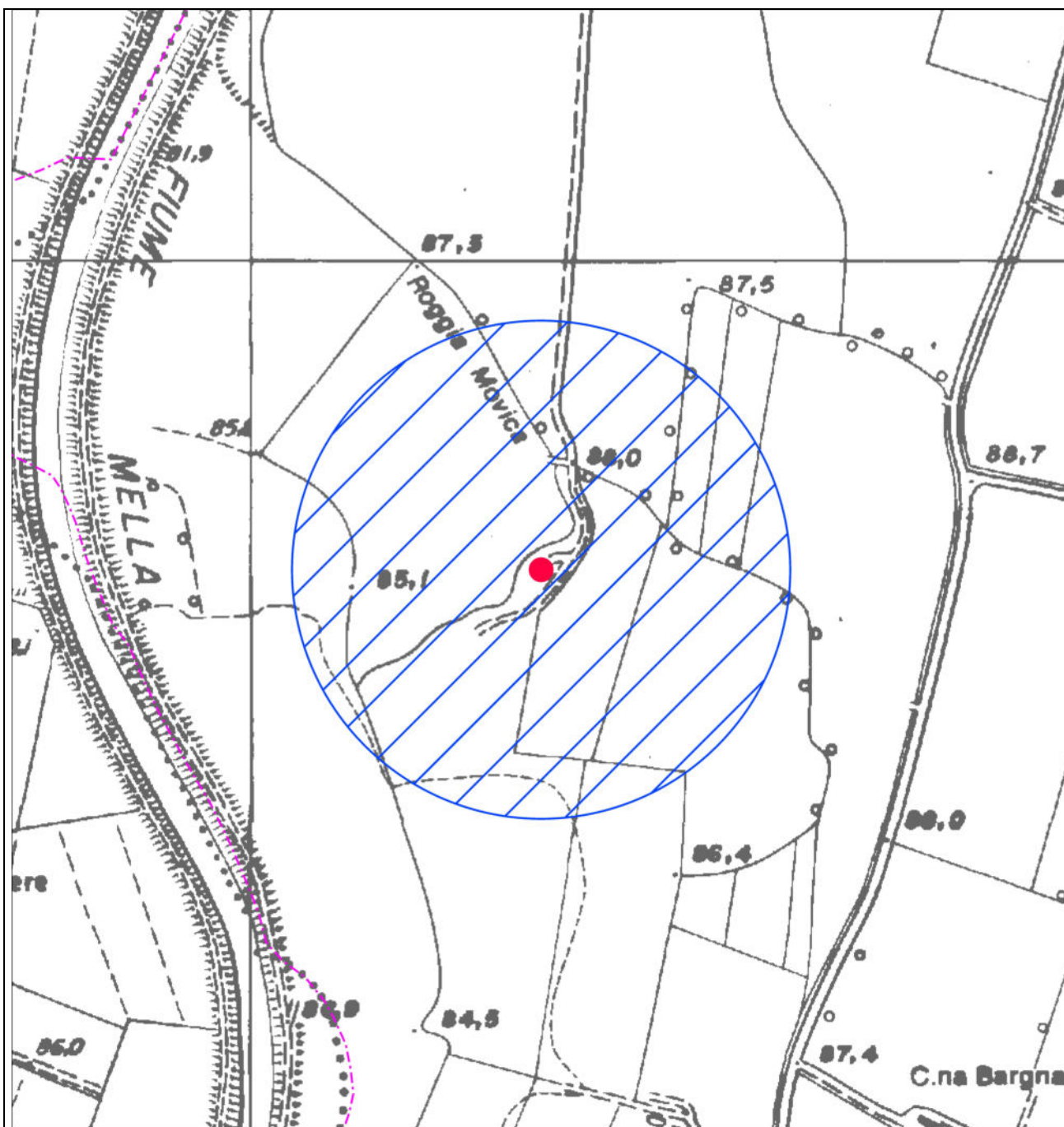
3 – STRATIGRAFIA

1
Pag.
2/2



7 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA (8)

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)					
geometrico	X	temporale		idrogeologico	

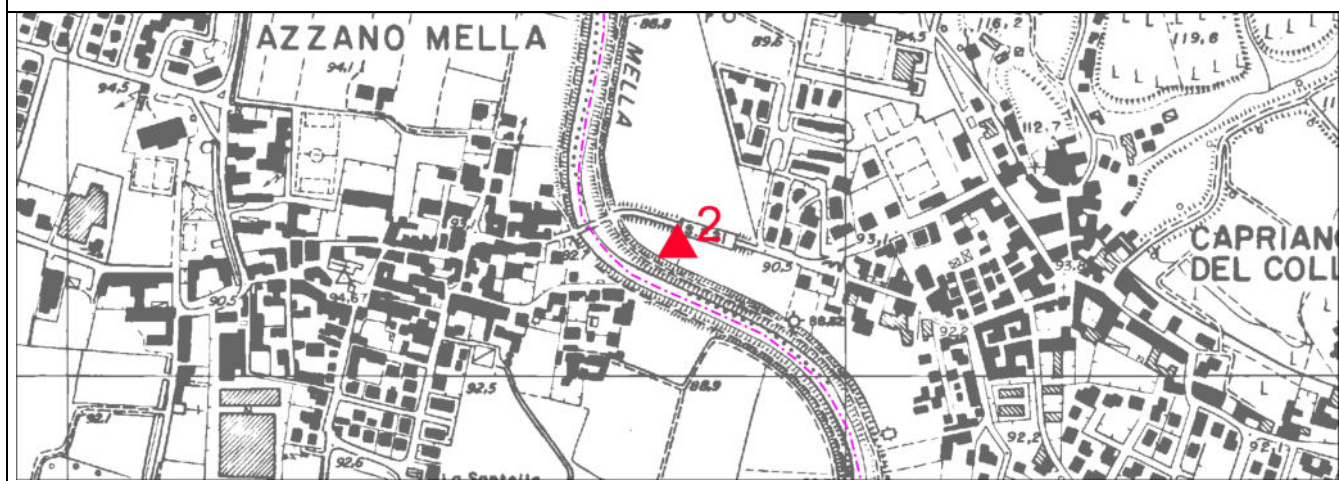


Scala 1:5000

1 - DATI IDENTIFICATIVI

n° di riferimento e denominazione (1)	2 – Rimembranze	
Località	Viale Rimembranze	
Comune	Capriano del Colle	
Provincia	BS	
Sezione CTR	D6a3 – Mairano	
Coordinate chilometriche Gauss Boaga (da CTR)	Latitudine	1587784
	Longitudine	5034166
Quota (m s.l.m.)	91.2	
Profondità (m da p.c.)	80.0	

UBICAZIONE POZZO (STRALCIO CTR)



2 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Proprietario	Comune
Ditta Esecutrice	
Anno	1972
Stato	
Attivo	X
Disuso (2)	
Cementato	
Altro	
Tipologia utilizzo (3)	Potabile
Portata estratta (mc/a e lt/sec)	28 l/s

SCHEMA DI COMPLETAMENTO

[illegible]

3 – STRATIGRAFIA

2

COMUNE: CAPRIANO DEL COLLE

PROP. : COMUNALE

DITTA PERFORATRICE: F.LLI BASSI

DATA: 1972

L.S. 1972	filtri	profondita' (m)	sezione stratigrafica	descrizione litologica
D = 500 mm 1,00 m 22,00 32,00 70,00 79,00		0,00		Terreno vegetale
		1,00		Ghiaia con acqua
		10,00		Argilla sabbiosa con strati di conglomerato
		22,00		Ghiaia con acqua
		32,00		Lignite e torba
		34,00		Argilla cenere
		40,00		Argilla compatta grigio scura
		66,00		Sabbia fine cenere
		70,00		Sabbia con acqua
		79,00		Argilla compatta
		80,00		

Livello dinamico: 5,50 m

Portata: 28,0 l/s

Colonna cieca : 61,00 m

Colonna fenestrata: 19,00 m

Tagli e filtri

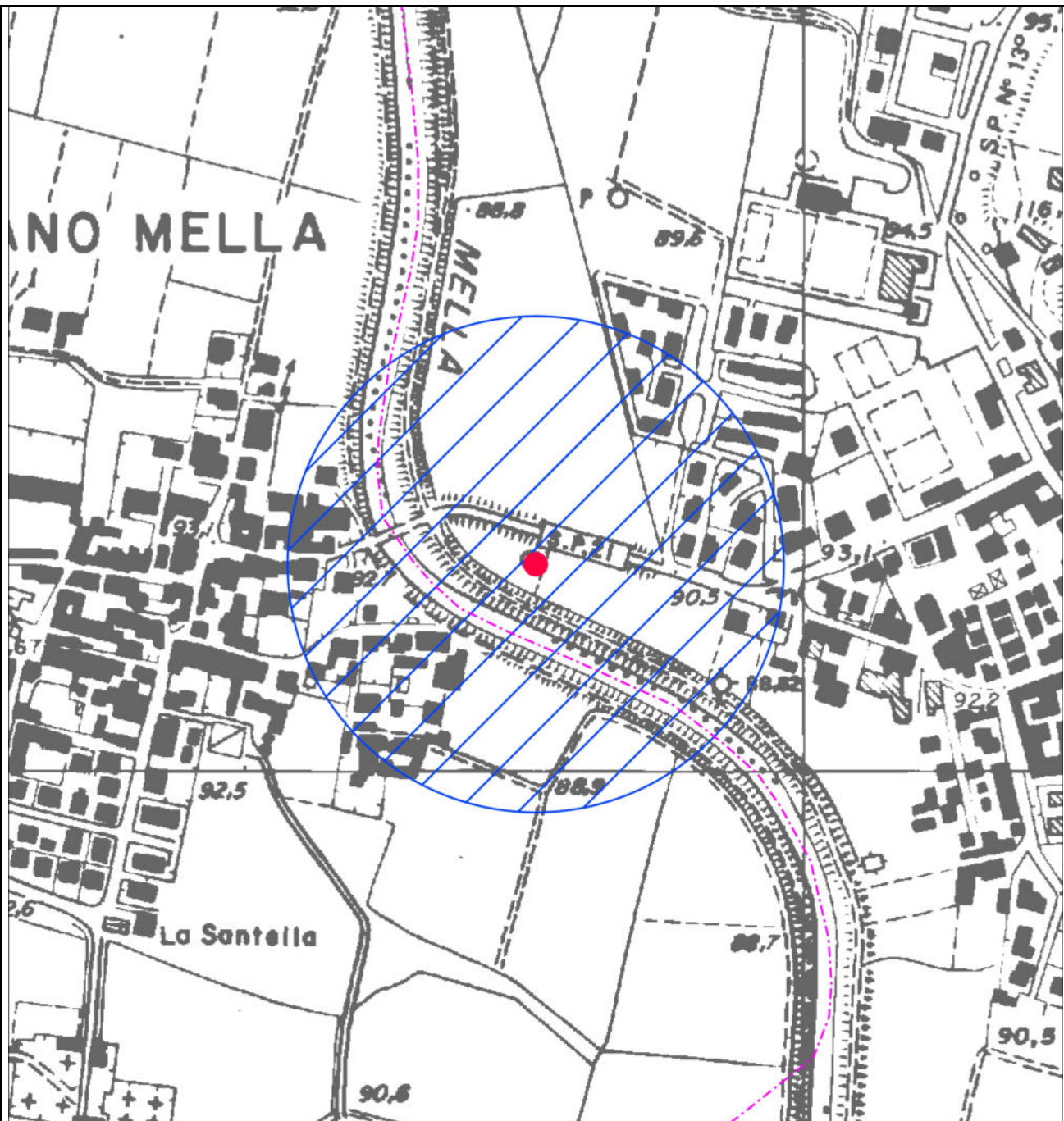
Cementazione delle pareti del foro tra 10,00 e 22,00 m

scala 1:500

STUDIO GEOLOGIA AMBIENTE

7 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA (8)

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)					
geometrico	X	temporale		idrogeologico	

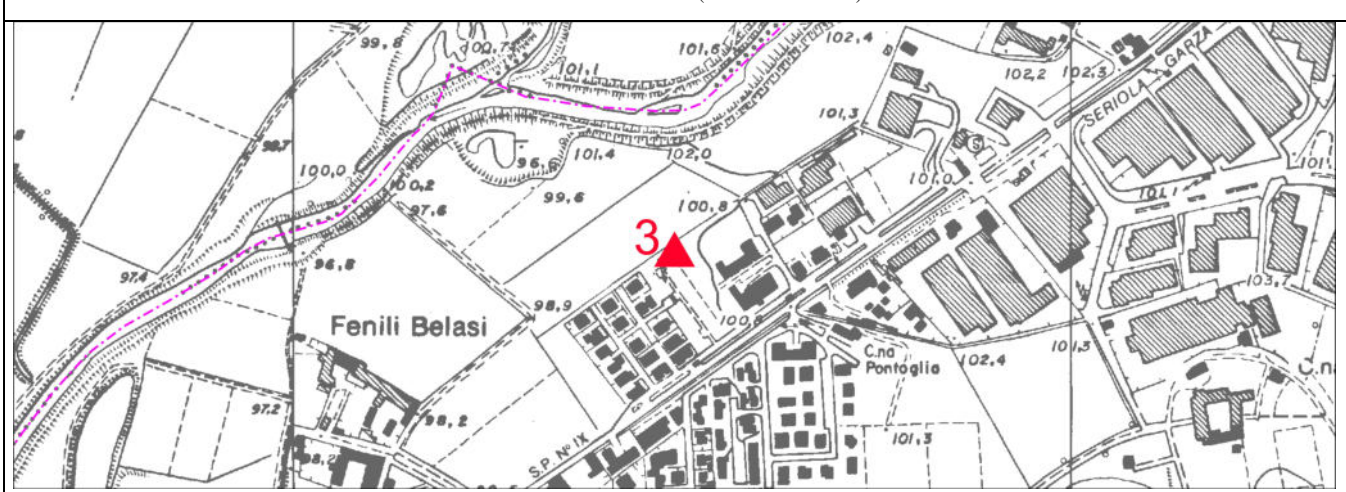


Scala 1:5000

1 - DATI IDENTIFICATIVI

n° di riferimento e denominazione (1)	3 – Fenili Belasi		
Località	Fenili Belasi		
Comune	Capriano del Colle		
Provincia	BS		
Sezione CTR	D6b2 – Flero		
Coordinate chilometriche Gauss Boaga (da CTR)	Latitudine	1588490	
	Longitudine	5036551	
Quota (m s.l.m.)	99,4		
Profondità (m da p.c.)	51,0		

UBICAZIONE POZZO (STRALCIO CTR)



2 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Proprietario	Comune
Ditta Esecutrice	
Anno	2007
Stato	
Attivo	X
Disuso (2)	
Cementato	
Altro	
Tipologia utilizzo (3)	Potabile
Portata estratta (mc/a e lt/sec)	20 l/s

SCHEMA DI COMPLETAMENTO

[illegible]

3 - STRATIGRAFIA

OLE CASAGLIA (Bs) Italy
Anno (030) 2650114/305

COMMITTENTE: ASM BRESCIA SPA VIA LAMARMORA 230

COMUNE DI CAPRIANO DEL COLLE (BS)

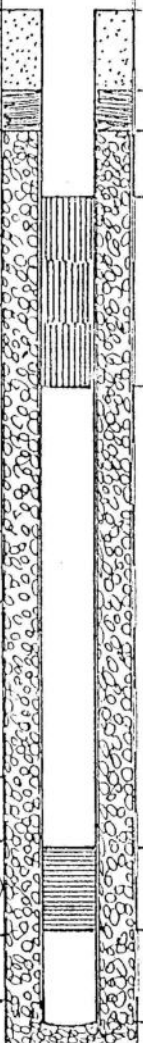
3

SCALA 1:300

DATA Lug/Ago. 2006

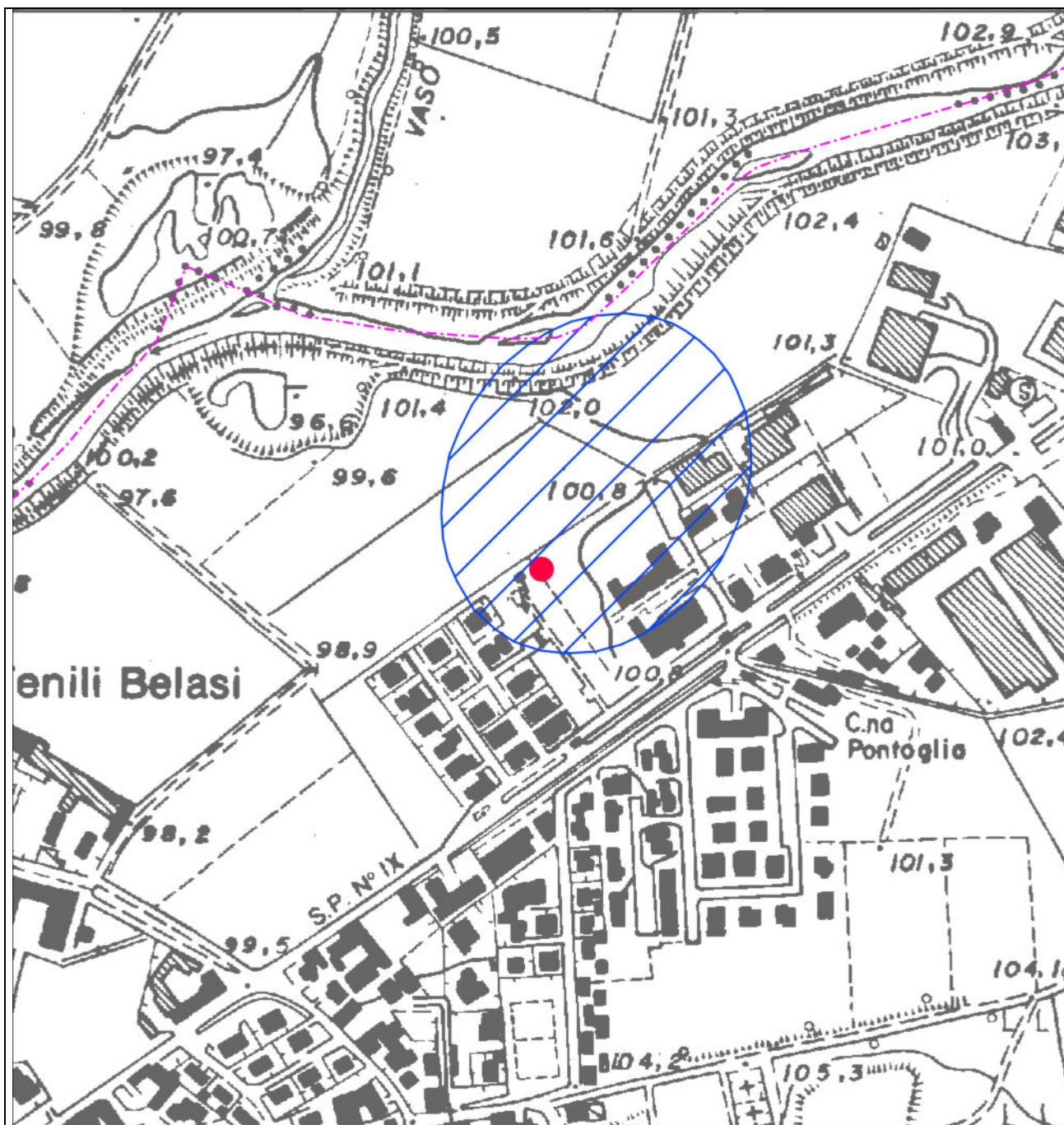
POZZO PERCUSSIONE
ACQUEDOTTO

PORTAT

Profondità riferimento	Profondità	Spessori	Sezione terreno	Descrizione litologica	Tubazioni di rivestimento Ø mm 457	Profondità	PORTAT		
							l/sec	l/s	l/d
00,00	1,00	1,00		terreno vegetale		00,00			
		5,00		argilla sabbiosa		4,00	3,80		
6,00						6,00			
		5,00		ghiaia ciottoli (filtrazione)		9,00			7,
11,00									
		3,50		sabbia con ciottoli (filtrazione)					
14,50									
		3,50		ghiaia e ciottoli con lenti di conglomerato					
18,00						18,00			
		7,50		argilla marrone con lenti di arenaria					
25,50									
		3,50		argilla marrone con ghiaia					
29,00									
		8,50		argilla grigia limosa					
37,50									
		3,00		argilla gialla		40,50			
40,50									
		4,50		arenaria sabbia ghiaietto con tracce di argilla (f.)		44,50			
45,00									
		3,00		argilla marrone					
48,00						49,00			
51,00		3,00		argilla grigia		51,00			
				TUBAZIONE IN ACCIAIO ZINCATO FILTRI A PONTE ZINCATI FILTRI A SPIRALE ZINCATI					

7 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA (8)

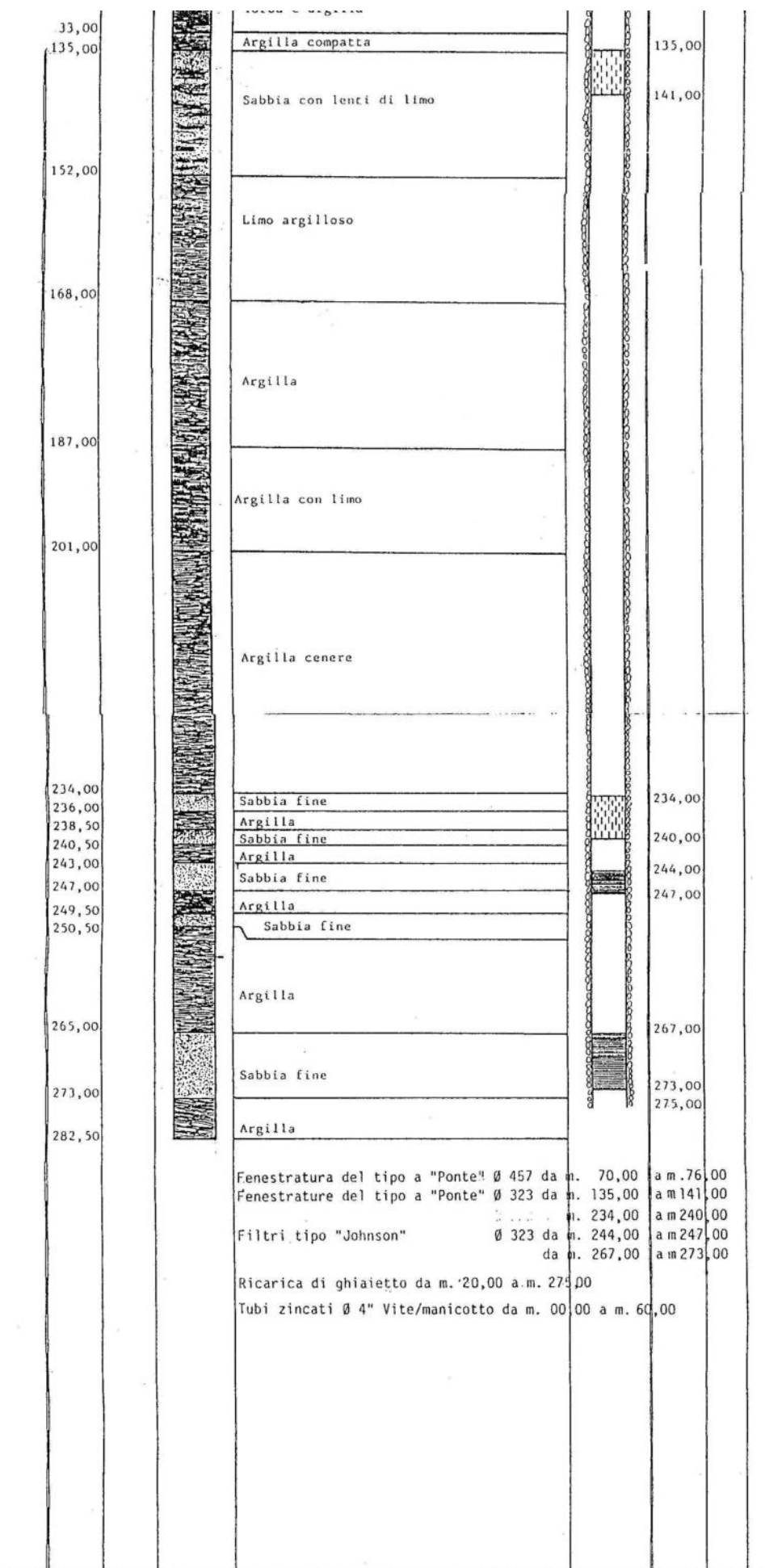
CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)					
geometrico		temporale	X	idrogeologico	

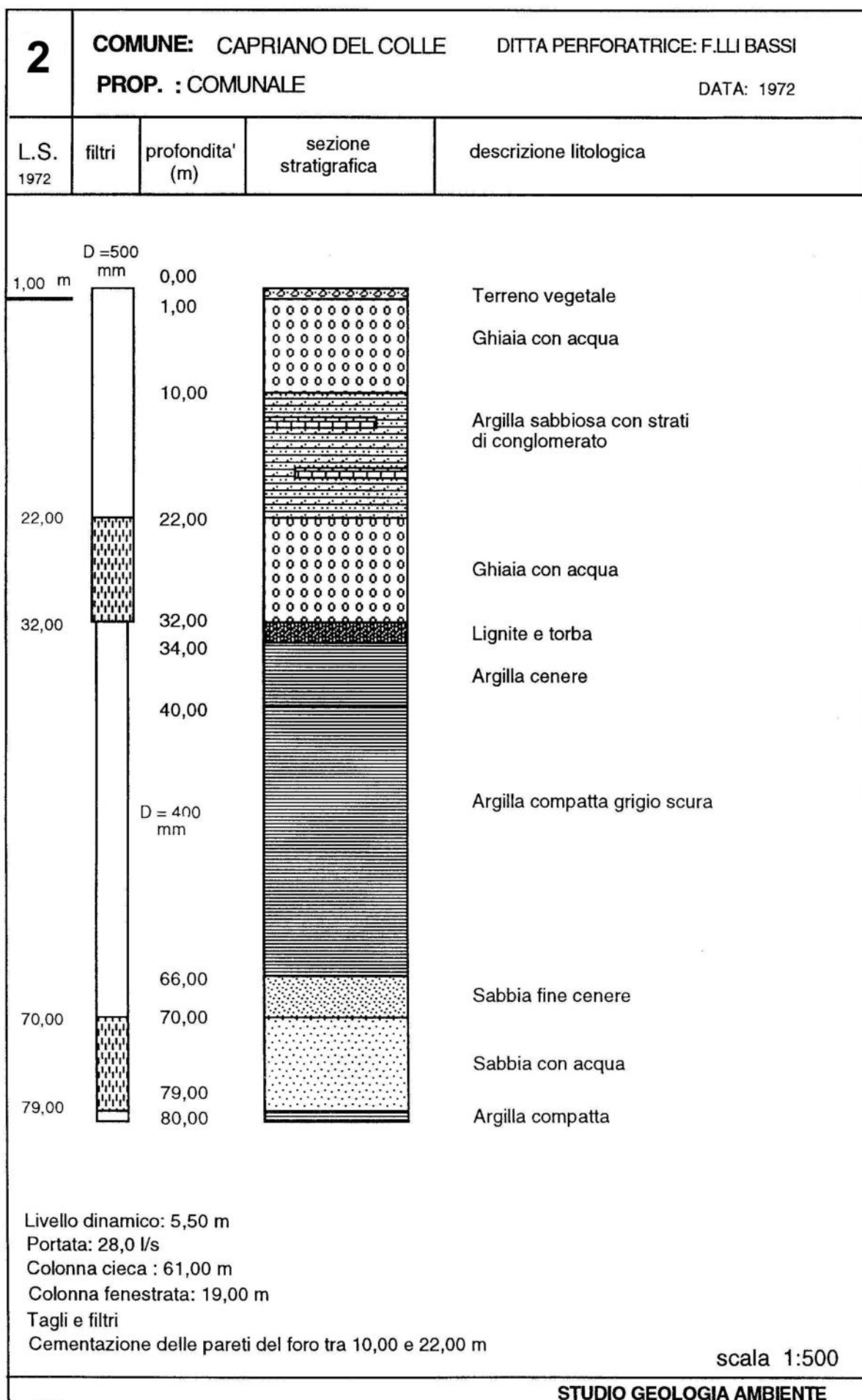


Scala 1:5000

STRATIGRAFIE DEI POZZI

Quota di riferimento	Profondità	Spessori	Sezione terreno	Descrizione litologica	Tubazioni di rivestimento	Profondità	LS	HO	L.D.
	00,00					00,00			
	3,00			Terreno vegetale					
	6,00			Ghiaia sabbia		L/sec	42		
				Ghiaia e sabbia		L.S.	3	80	
	16,00				ø	L.D.	16	30	
	19,50			Argilla sabbia compatta	457				
	23,00			Argilla e ghiaia compatta					
	24,00			Argilla cenere ghiaia compatta					
	30,00			Argilla gialla					
				Argilla sabbiosa					
	37,50			Argilla limosa					
	40,50			Argilla cenere compatta					
	44,00			Argilla cenere					
	48,50			Argilla sabbiosa					
	50,00								
	56,00			Argilla grigia					
				Argilla con venature di carbone					
	63,00			Argilla grigia con carbone					
	68,00			Argilla grigia		68,00			
	70,00			Limo argilloso sabbioso		70,00			
	74,50			Limo argilloso limoso con e conchiglie		76,00			
	80,00								
	83,00			Argilla limosa					
	86,50			Limo argilloso					
	90,00			Argilla limosa con conchiglie					
				Limo argilloso					
	95,00			Argilla limosa grigia con frammenti di legno					
	99,00			Argilla limosa grigia con venature dure		101,00			
	102,00								
				Limo con lenti di argilla					
	112,50			Argilla e torba					
	113,50			Argilla e torba					
	114,50			Argilla durissima					
	115,00			Argilla grigia	ø				
	120,00			Argilla con conchiglie	323				
	122,00			Argilla e torba					
	125,50			Limo argilloso					
	127,00			Torba e argilla					
	133,00								
	135,00			Argilla compatta		135,00			
				Sabbia con lenti di limo		141,00			
	152,00								
				Limo argilloso					
	168,00								





SCALA 1:300

DATA Lug/Ago. 2006

POZZO PERCUSSIONE
ACQUEDOTTO

Profondità riferimento	Profondità	Spessori	Sezione terreno	Descrizione litologica	Tubazioni di rivestimento Ø mm 457	Profondità	PORTATA		
							l/sec	l/s	l/d
00,00	1,00	1,00		terreno vegetale		00,00			
		5,00		argilla sabbiosa		4,00	3,80		
	6,00					6,00			
		5,00		ghiaia ciottoli (filtrazione)		9,00			7,
	11,00								
		3,50		sabbia con ciottoli (filtrazione)					
	14,50								
		3,50		ghiaia e ciottoli con lenti di conglomerato					
	18,00					18,00			
		7,50		argilla marrone con lenti di arenaria					
	25,50								
		3,50		argilla marrone con ghiaia					
	29,00								
		8,50		argilla grigia limosa					
	37,50								
		3,00		argilla gialla		40,50			
	40,50								
		4,50		arenaria sabbia ghiaietto con tracce di argilla (f.)		44,50			
	45,00								
		3,00		argilla marrone		49,00			
	48,00								
		3,00		argilla grigia		51,00			
	51,00								
TUBAZIONE IN ACCIAIO ZINCATO FILTRI A PONTE ZINCATI FILTRI A SPIRALE ZINCATI									

4

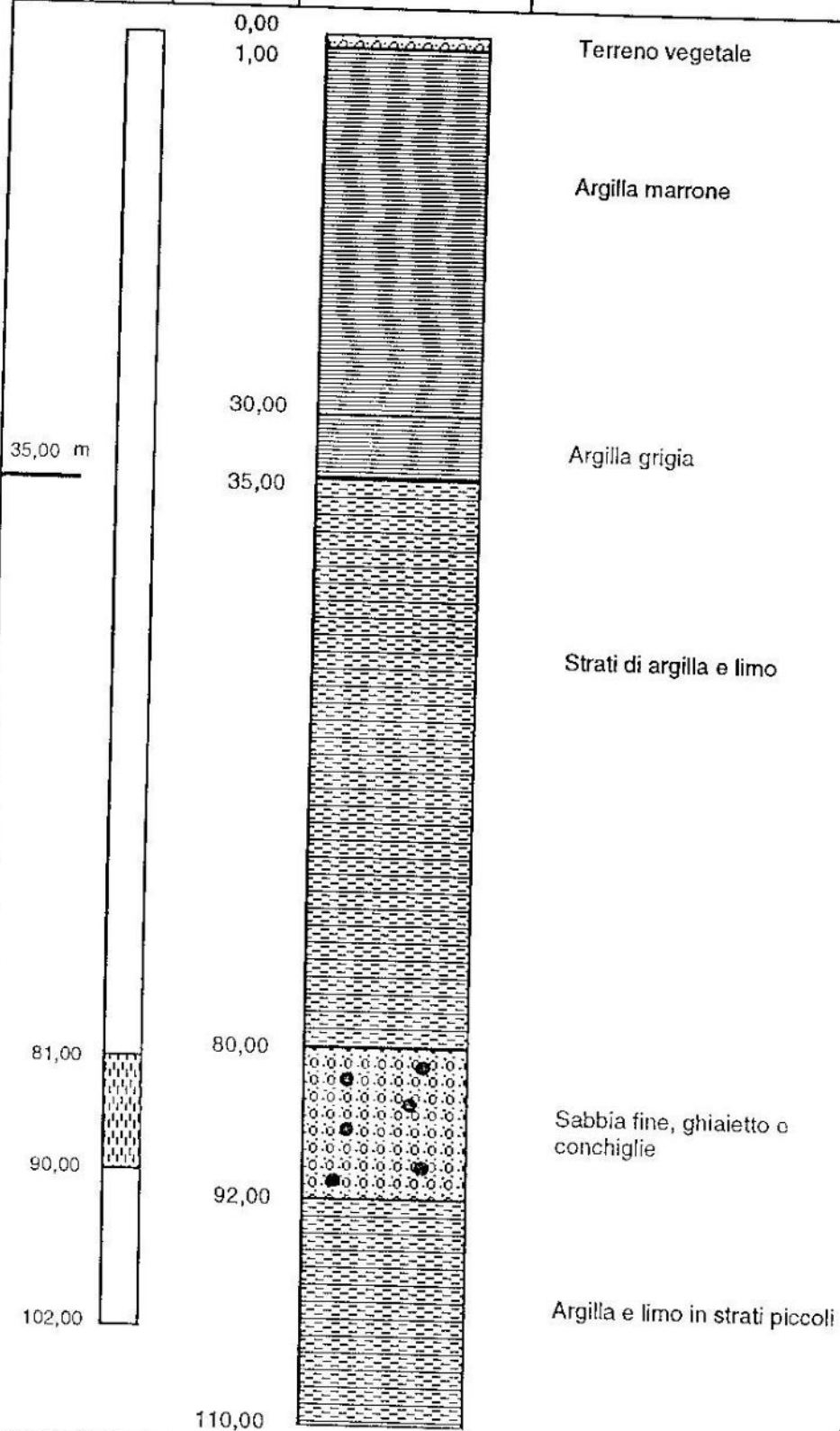
COMUNE: CAPRIANO DEL COLLE - LOCALITA' : Monte Netto
 PROP. : PASOTTI

L.S.

filtri

profondita'
(m)sezione
stratigrafica

descrizione litologica



scala 1:500

STUDIO GEOLOGIA AMBIENTE

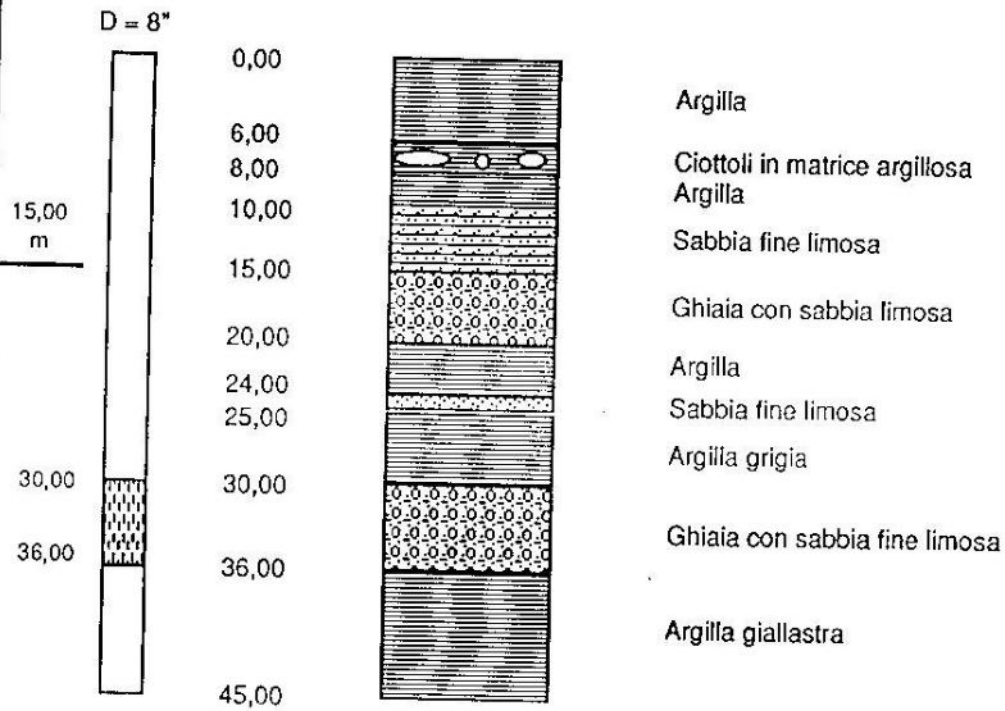
5

COMUNE : CAPRIANO DEL COLLE

PROP. : CASE S. ANTONIO

DATA: 1992

L.S.	filtri	profondita' (m)	sezione stratigrafica	descrizione litologica
------	--------	-----------------	-----------------------	------------------------



scala 1:500

STUDIO GEOLOGIA AMBIENTE

STUDIO GEOLOGIA AMBIENTE

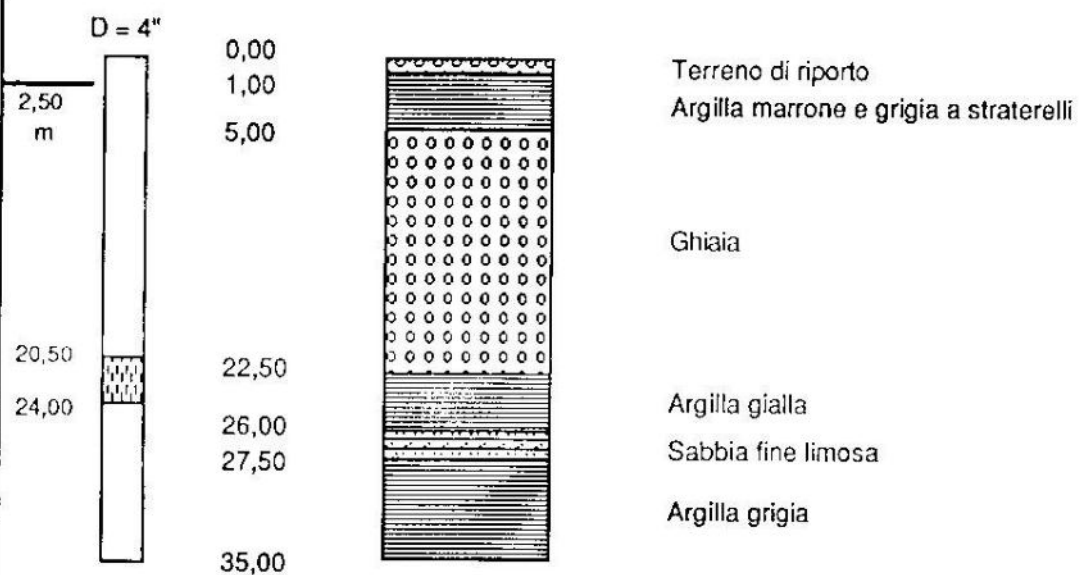
6

COMUNE : CAPRIANO DEL COLLE

PROP. : ACERBIS

DATA: 1990

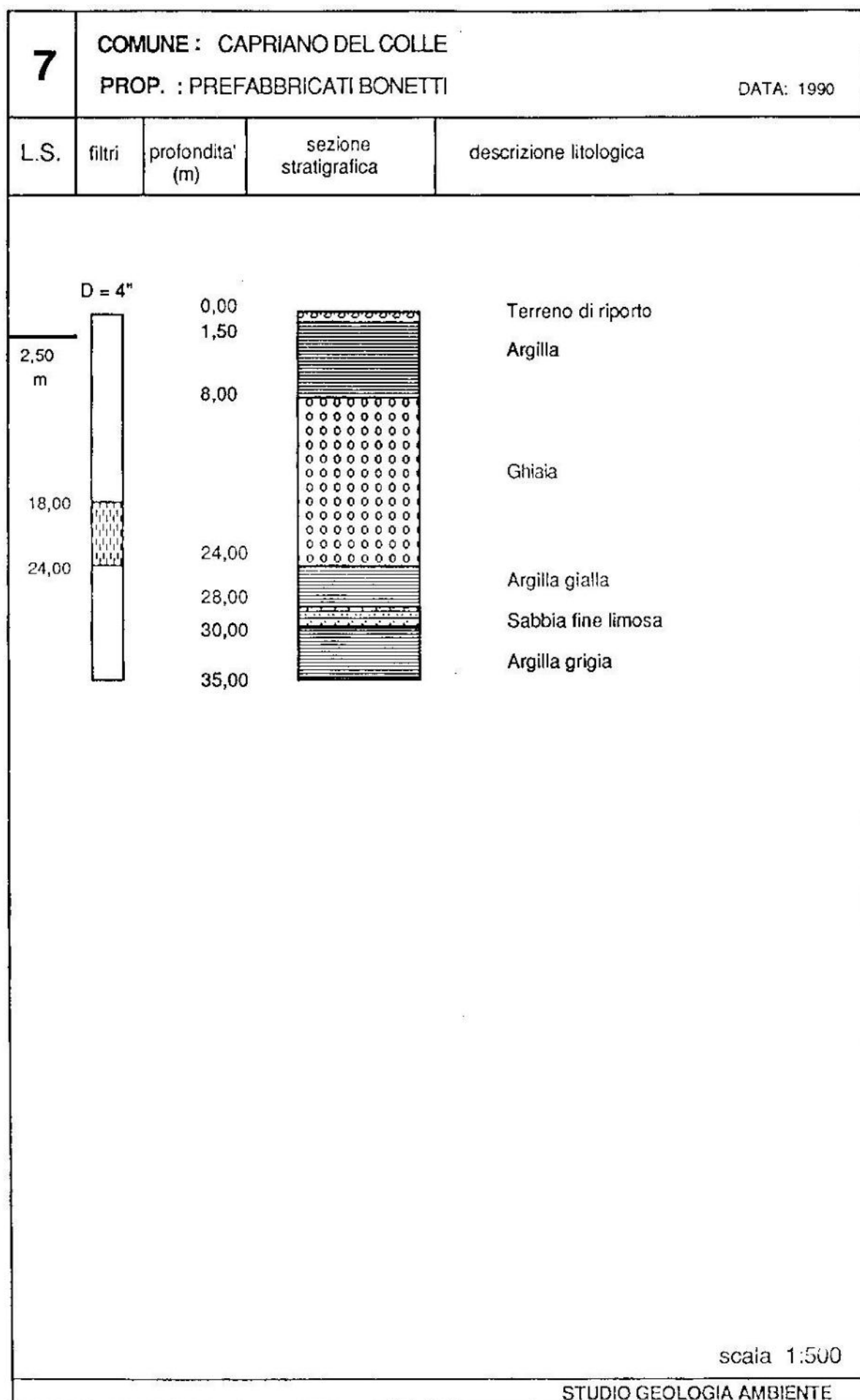
L.S.	filtri	profondita' (m)	sezione stratigrafica	descrizione litologica
------	--------	-----------------	-----------------------	------------------------



scala 1:500

STUDIO GEOLOGIA AMBIENTE

STUDIO GEOLOGIA AMBIENTE



8a

COMUNE : CAPRIANO DEL COLLE

PROP. : AVEBONI

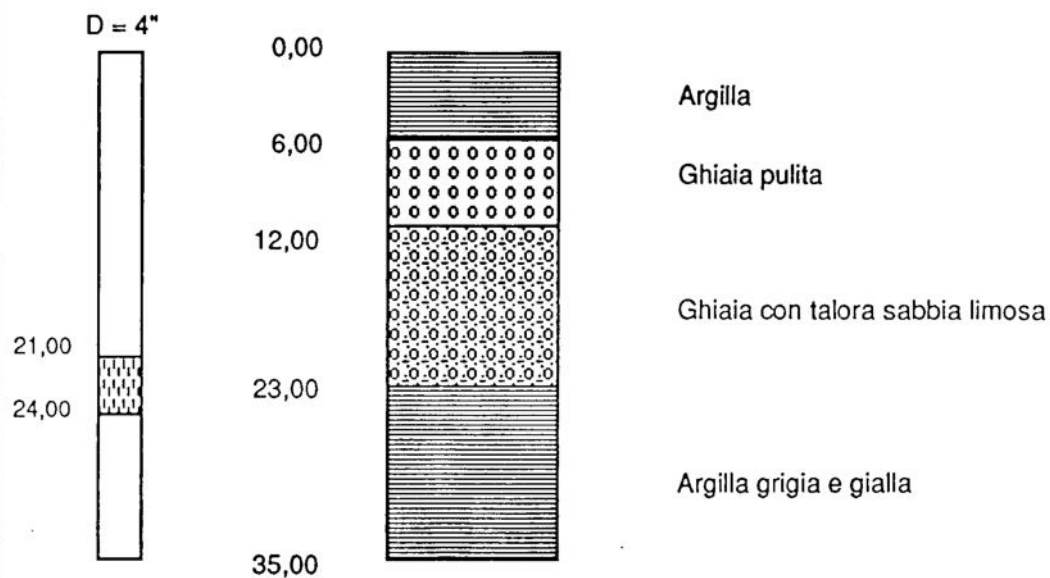
DATA: 1994

L.S.

filtri

profondita'
(m)sezione
stratigrafica

descrizione litologica



scala 1:500

STUDIO GEOLOGIA AMBIENTE

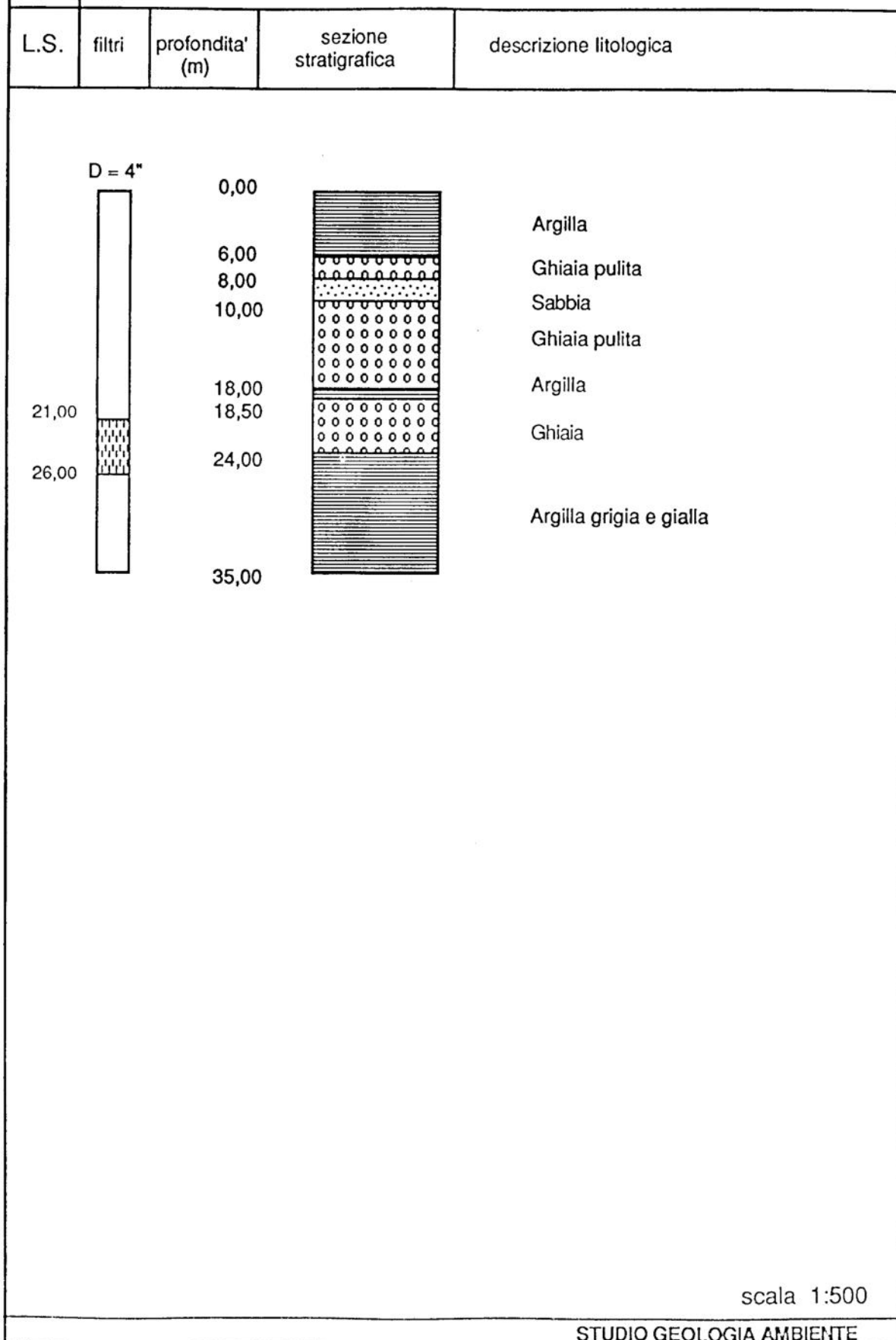
STUDIO GEOLOGIA AMBIENTE

8b

COMUNE : CAPRIANO DEL COLLE

PROP. : AVEBONI

DATA: 1994



9

COMUNE : CAPRIANO DEL COLLE

PROP. : FONDERIE FORELLI

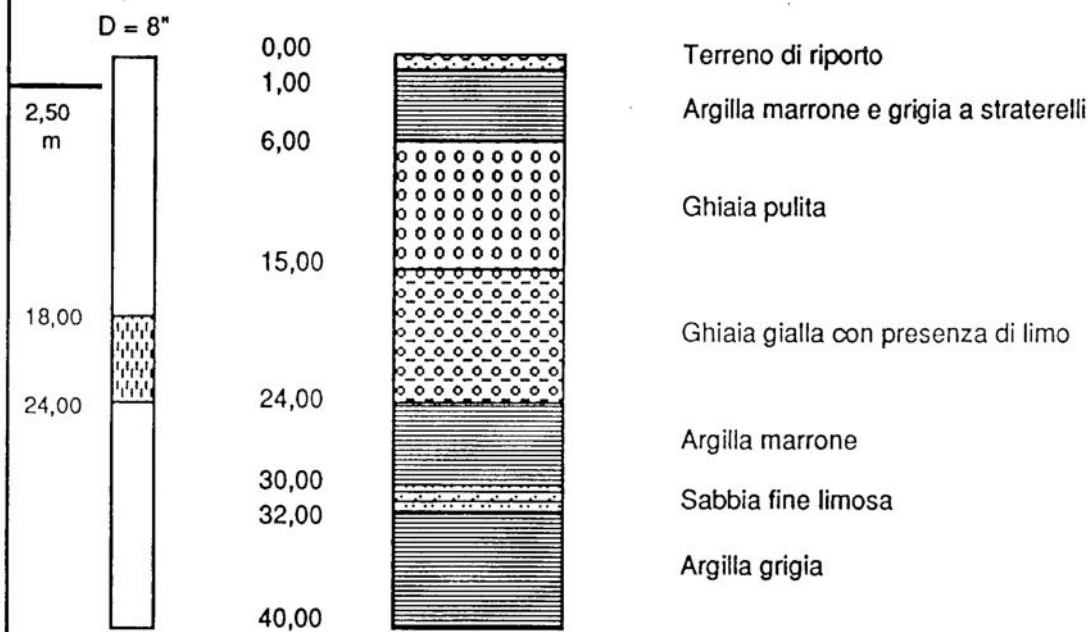
DATA: 1990

L.S.

filtri

profondita'
(m)sezione
stratigrafica

descrizione litologica



scala 1:500

STUDIO GEOLOGIA AMBIENTE

10

COMUNE : CAPRIANO DEL COLLE

PROP. : POSSI E FAUSTINI

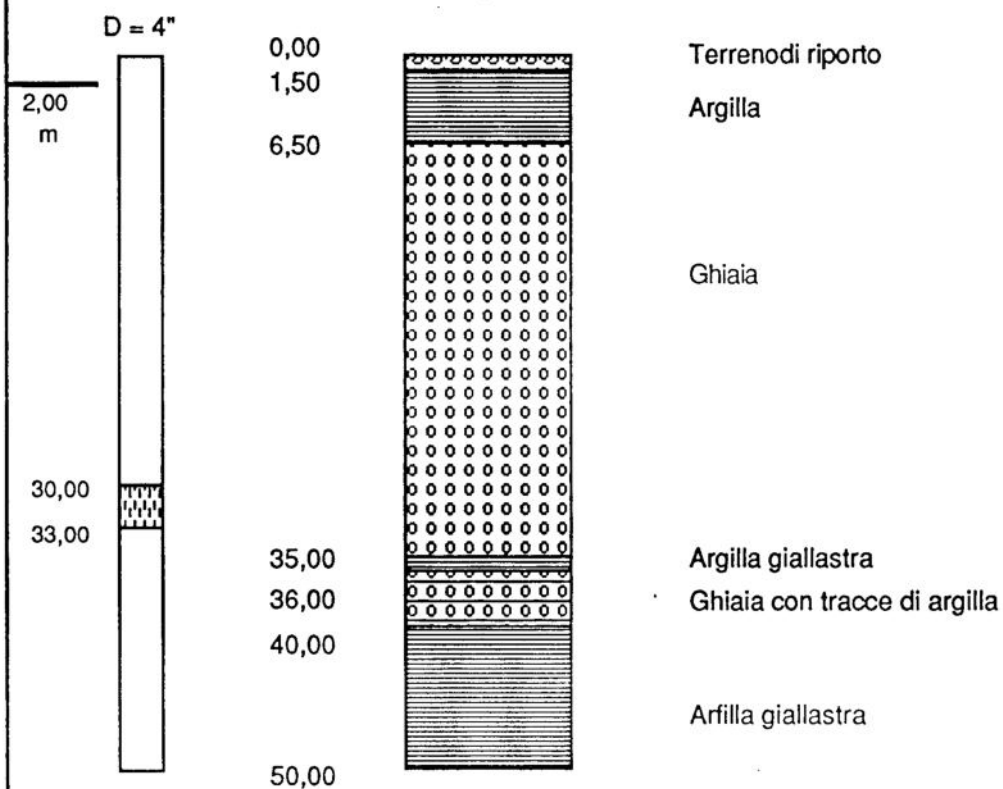
DATA: 1992

L.S.

filtri

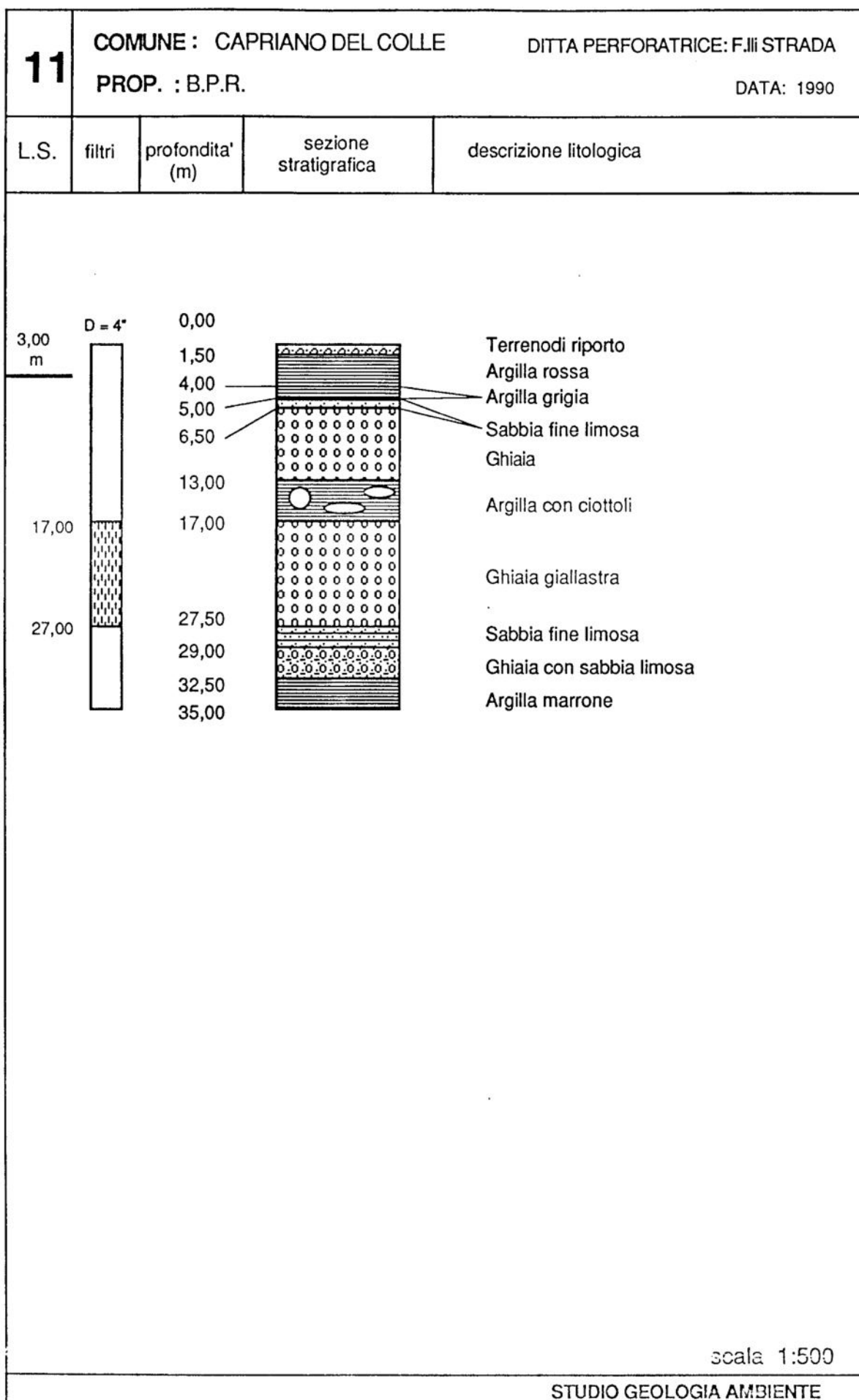
profondita'
(m)sezione
stratigrafica

descrizione litologica



scala 1:500

STUDIO GEOLOGIA AMBIENTE



12

COM.:

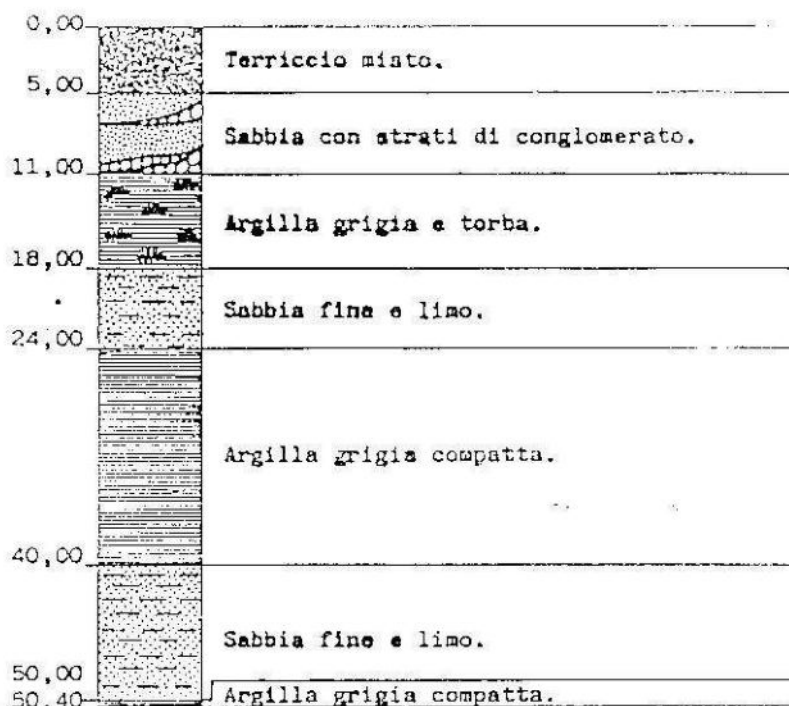
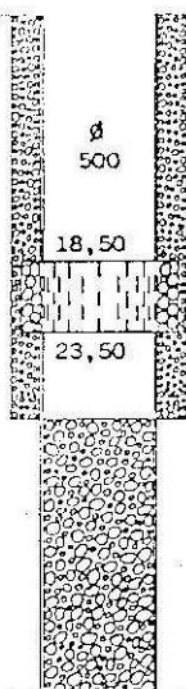
COMUNE DI CAPRIANO DEL COLLE

LOCALITA':

CAPRIANO DEL COLLE (BS)

DATA

Febbraio 82



PROFONDITA' : m 50,40
 COLONNA CIECA : m 45,40
 COLONNA FINESTRATA: m 5,00
 LIVELLO STATICO :
 LIVELLO DINAMICO :
 PORTATA :

Filtro antisabbia luve mm 0,6; sovrapposizione di prefiltro a cestello Ø mm 700 - luce mm 1.

Ghiaietto all'interno cestello Ø 2-3 mm, esterno al cestello e a contatto con la sabbia fine mm 1½-2½.

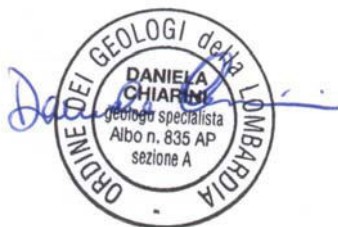
N.B.: Il pozzo è stato chiuso con ghiaia da m 30,00 a m 50,40.

SCALA VERTICALE 1 : 500
 SCALA ORIZZONTALE 1 : 30

**INDAGINE GEOFISICA DI SISMICA A RIFRAZIONE
RAPPORTO INTERPRETATIVO**

INDAGINE GEOFISICA COMBINATA DI SISMICA A RIFRAZIONE e MASW
RAPPORTO INTERPRETATIVO

COMUNE DI CAPRIANO DEL COLLE (BS)



INDICE

1. Premessa	2
2. Indagine e strumentazione utilizzata	2
2.1. <i>Strumentazione utilizzata</i>	2
2.2. <i>Indagine di sismica a rifrazione: metodologia ed acquisizione</i>	3
2.3. <i>Indagine MASW: metodologia ed acquisizione</i>	5
3. Interpretazione e risultati	8
3.1. <i>SITO n. 1 – Madonna della Neve</i>	8
3.1.1. Acquisizione ed analisi onde P	8
3.1.2. Acquisizione ed analisi onde S	10
3.1.3. Acquisizione ed analisi onde superficiali (Onde di Rayleigh)	12
3.2. <i>SITO n. 2 – Monte Netto</i>	14
3.2.1. Acquisizione ed analisi onde P	14
3.2.2. Acquisizione ed analisi onde superficiali (Onde di Rayleigh)	16
3.3. <i>SITO n. 3 – Fenili Belasi</i>	18
3.3.1. Acquisizione ed analisi onde P	18
3.3.2. Acquisizione ed analisi onde superficiali (Onde di Rayleigh)	20
4. Modelli geofisici sismici interpretativi	21
5. Considerazioni finali	27

ALLEGATI

1. Ubicazione stendimenti sismici
2. Sismogramma multishots ed alcuni sismogrammi di singoli shot–acquisizione onde P– sito ST1
3. Sismogramma multishots ed alcuni sismogrammi di singoli shot–acquisizione onde SH–sito ST1
4. Sismogramma multishots ed alcuni sismogrammi di singoli shot–acquisizione onde P– sito ST2
5. Sismogramma multishots ed alcuni sismogrammi di singoli shot–acquisizione onde P– sito ST3

Brescia, 10 maggio 2010

1. Premessa

Su incarico e per conto della Dr.^{ssa} L. Ziliani si è eseguita un'indagine geofisica sismica in n. 3 siti (allegato n. 1) posti nel Comune di Capriano del Colle (BS), nell'ambito dell'aggiornamento dello studio geologico a supporto nel nuovo PGT comunale.

Lo scopo dell'indagine è la caratterizzazione dinamica del sottosuolo nelle prime decine di metri con l'individuazione delle principali unità geofisiche e delle relative proprietà meccaniche elastiche, quali velocità delle onde longitudinali P (V_P), velocità delle onde trasversali S (V_S) e i relativi parametri elastici (E, G, K e ν).

Sulla base dei valori di V_S e del modulo di taglio (G) sarà possibile valutare la rigidità del suolo e fornire delle prime indicazioni sul comportamento dinamico della parte superficiale del sottosuolo, in applicazione alla normativa nazionale e regionale (D.G.R. 22 dicembre 2005, n. VIII/1566 "Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T., in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 12/2005" aggiornata con DGR 28 maggio 2008 n. VIII/7374).

2. Indagine e strumentazione utilizzata

Per la ricostruzione del modello geofisico dei 3 siti scelti è stata eseguita un'indagine di sismica superficiale caratterizzata dalla combinazione tra la tecnica di sismica a rifrazione con onde di volume (longitudinali P e trasversali SH) e il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW.

2.1. *Strumentazione utilizzata*

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata è costituita da:

- un sistema di energizzazione per le onde P: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 10 Kg battente verticalmente su piastra circolare in acciaio del diametro di 25 cm posta direttamente sul p.c. per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SV, in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali;
- un sistema di energizzazione per le onde SH: la sorgente è costituita da una mazza di 10 Kg battente orizzontalmente su parallelepipedo in legno rivestito di metallo disposto ortogonalmente allo stendimento (e parallelamente alla componente di registrazione dei geofoni orizzontali per massimizzarne l'acquisizione) e gravato da un carico statico addizionale, in modo che possa rimanere aderente al terreno sia al momento in cui viene

colpito sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa. Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile;

- un sistema di ricezione: costituito da 24+24 geofoni verticali ed orizzontali monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa (peso della massa 12.2 gr) con frequenza propria 10 Hz (rifrazione) e 4.5 Hz (masw), ovvero dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche longitudinali e trasversali prodotte da una specifica sorgente;
- sistema di acquisizione dati: con memoria dinamica a 24 bit composto da 12 dataloggers a 2 canali ciascuno per un totale di 24 canali, cavo sismico telemetrico di 130 m, MOM power con interfaccia USB 1.1 24 V, notebook PC Windows XP con software Panel Acquisition a 24 canali; il sistema è in grado di convertire in digitale e registrare su memoria il segnale proveniente da ciascun canale dal sistema di ricezione; la conversione A/D avviene già dal primo metro di cavo: il sistema permette pertanto di eliminare molte fonti di disturbo dovute al trasferimento del segnale lungo centinaia di metri di cavo sismico ed è inoltre dotato di un sistema di filtraggio in tempo reale, da un hardware complesso, che comporta un anello di regolazione con diversi passaggi di digital signal processing;
- un sistema di trigger: consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

2.2. Indagine di sismica a rifrazione: metodologia ed acquisizione

Il metodo sismico a rifrazione si basa sul concetto della bi-rifrazione delle onde elastiche a seguito del fronte d'onda conico. Data una sorgente di onde elastiche e uno stendimento di geofoni lungo un profilo giungeranno in superficie ai geofoni onde dirette, onde riflesse ed onde coniche o bi-rifratte (head wave): le onde analizzate sono quelle birifratte, cioè quelle che giungono sulla superficie di separazione con un angolo d'incidenza critico (secondo la legge di Snell) e che quindi vengono rifratte con un angolo di 90° propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza.

I contrasti di proprietà possono essere legati a cause stratigrafiche, strutturali, idrogeologiche; il modello interpretativo del mezzo investigato è di tipo elastico, omogeneo, continuo ed isotropo, mentre la profondità totale di indagine è legata alla lunghezza dello stendimento di ricevitori.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde P ed SH è articolata nelle seguenti fasi fondamentali:

- Individuazione dei primi arrivi attraverso l'osservazione dei sismogrammi e l'operazione di picking, previa elaborazione dei segnali ed operazioni di filtraggio anche consecutivo con diverse tipologie di filtro digitale;
- Ricostruzione delle dromocrone in P ed SH e scelta del modello di sottosuolo da utilizzare nell'interpretazione;
- Linearizzazione delle dromocrone e calcolo delle velocità di propagazione delle onde elastiche analizzate e dei relativi tempi di intercetta;
- Ricostruzione del modello del sottosuolo con calcolo della profondità di ciascun strato omogeneo, continuo ed isotropo tramite il metodo del tempo di intercetta applicabile a ciascun punto di scoppio (metodo a griglia shot-point); questo metodo è applicabile in situazioni litostratigrafiche approssimabili a modelli stratificati a strati piani orizzontali e/o inclinati.

Per le analisi interpretative è stato utilizzato il software WinSism versione 10 – Seismic Refraction Processing Software (2004) della W-GeoSoft, associato ad altri software autocostruiti.

Non si è ritenuto necessario, date le finalità dell'indagine, applicare metodi interpretativi più complessi che peraltro necessitano di maggior onere economico nell'acquisizione dei dati e rendono più difficile l'individuazione di aree adatte all'indagine.

L'indagine in ciascun sito è consistita in uno stendimento singolo di sismica a rifrazione di lunghezza variabile in funzione delle disponibilità logistiche, lungo il quale sono stati disposti alternativamente e collegati in serie 24 geofoni monocomponente (verticali ed orizzontali) del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con distanza intergeofonica variabile in relazione alla lunghezza totale disponibile: il collegamento dei ricevitori avviene attraverso un cavo telemetrico su cui sono disposti 12 gruppi data loggers in grado di convertire il segnale elettrico proveniente dai geofoni in segnale digitale già dal primo metro di cavo: il sistema permette pertanto di eliminare molte fonti di disturbo dovute al trasferimento del segnale lungo centinaia di metri di cavo sismico ed è inoltre dotato di un sistema di filtraggio in tempo reale, da un hardware complesso, che comporta un anello di regolazione con diversi passaggi di digital signal processing.

E' stata adottata un'unica configurazione a 5 shots per l'energizzazione in onde P e in onde SH per i tre siti ST1, ST2 e ST3:

configurazione a 5 shots:

- 2 end-shots esterni allo stendimento di geofoni (S1 e S5)
- 2 intermedi posti rispettivamente tra il 6° e il 7° geofono e tra il 18° e 19° geofono (S2 e S4)
- 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S3)

Di seguito si riportano in modo sintetico i parametri configurazionali (spaziali e temporali) dell'acquisizione in onde P ed SH per ciascun sito:

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI SISMICA A RIFRAZIONE			
	SITO n. 1	SITO n. 2	SITO n. 3
Orientazione	NNE-SSW	SSW-NNE	SSW-NNE
Tipo di onda analizzata	P - SH	P	P
Dislivello altimetrico tra gli end-shots	0.0 m	0.0 m	0.0 m
Lunghezza stendimento compresi end-shots	125.0 m	115.0 m	100.0 m
Lunghezza stendimento ricevitori	115.0 m	115.0 m	92.0 m
Numero Geofoni	24	22	24
Distanza intergeofonica	5.0 m	5.0 m	4.0 m
Numero punti di energizzazione (shots)	5	5	5
End-shots	5.0 m	5.0 m	4.0 m
Distanza shots interni	30.0 m	30.0 m	24.0 m
Durata acquisizione	256 - 512 ms	256 ms	128 ms
Intervallo di campionamento	0.25 - 0.50 ms	0.250 ms	0.125 ms
Numero di campioni per traccia	1024	1024	1024
Massima frequenza campionabile	1 - 2 kHz	2 kHz	4 kHz

2.3. *Indagine MASW: metodologia ed acquisizione*

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio V_s , sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW utilizzato è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente parallelamente all'array) e misurate da uno stendimento lineare di sensori ad esso allineati. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5-10Hz e 70-100Hz, quindi fornisce informazioni

sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°, sia della topografia sia delle diverse discontinuità elastiche.

La metodologia utilizzata consiste in tre fasi:

- calcolo della curva di dispersione sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento, energizzando alternativamente ai due estremi dello stendimento;
- calcolo della curva di dispersione apparente numerica mediante il metodo Roma (2001)
- calcolo della curva di dispersione effettiva numerica mediante il metodo Lai-Rix (1998)
- individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_{SV} , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_{SV} e di compressione V_P (o in alternativa il coefficiente di Poisson ν), la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato; l'affidabilità del profilo di velocità V_S trovato durante il processo di inversione è valutata tramite la definizione dell'errore relativo tra le due curve.

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software MASW (V. Roma, 2007) associato ad altri software autocostituiti.

L'acquisizione è stata eseguita posizionando i 24 geofoni da 4.5 Hz lungo il tratto iniziale dello stendimento di sismica a rifrazione, secondo la seguente configurazione spaziale e temporale:

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI MASW		
Sito	ST1-ST3	ST2
Dislivello altimetrico tra gli end-shots	0 m	0 m
Lunghezza stendimento ricevitori	46 m	46-69 m
Numero Geofoni	24	24
Distanza intergeofonica	2 m	2-3 m
Numero punti di energizzazione per estremo	1	1
Off-sets sorgenti (da ciascun estremo)	6 m	6 m
Durata acquisizione	4096 ms	4096 ms
Intervallo di campionamento	2.0 ms	2.0 ms
Numero di campioni per traccia	2048	2048
Massima frequenza campionabile	250 Hz	250 Hz

Per valutare la validità delle ipotesi di monodimensionalità (strati piani e paralleli) sono state eseguite acquisizioni coniugate, mentre per valutare la presenza di eventuali fenomeni di *mode splitting* o *mode jumping*, ovvero di segnale legato a modi superiori dell'onda di Rayleigh

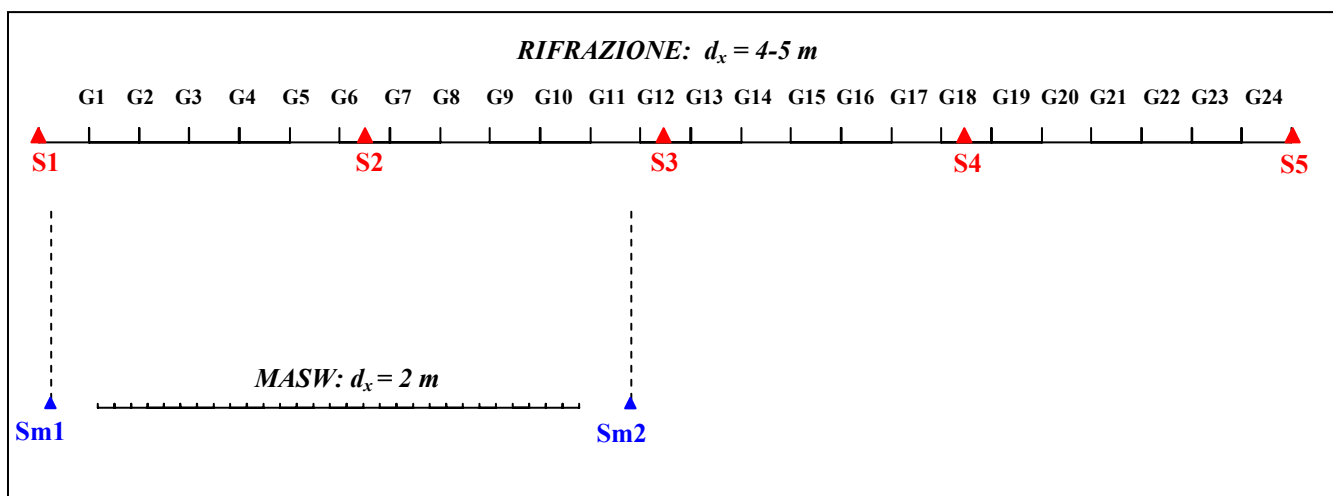
(*dominant higher modes*) è stata adottata, per il solo sito ST2, una duplice configurazione spaziale, assegnando due diverse distanze intergeofoniche, compatibilmente con le disponibilità logistiche del sito. L'elaborazione è stata eseguita in procedura diretta scegliendo un modello numerico 1D di prima elaborazione, basato sui risultati dell'indagine di sismica a rifrazione e calcolandovi, tramite soluzione numerica monodimensionale a strati piani e paralleli (Roma e Rix-Lai), la relativa curva di dispersione; successivamente al modello di prima elaborazione vengono apportate opportune modifiche in termini di spessore e velocità V_s degli n strati di cui è composto al fine di minimizzare l'errore tra curva sperimentale e curva numerica.

Il modello finale scelto è da considerarsi indicativo del modello di rigidità del sottosuolo ed utilizzabile in modo opportuno solo per stime sull'ordine di grandezza del parametro V_{s30} e per verifiche di compatibilità con dati e conoscenze disponibili in altri siti limitrofi, nell'ambito di operazioni di estrapolazione di dati territoriali ai fini pianificatori.

Il piano di indagine, in funzione delle difficoltà logistiche incontrate in ciascun sito, è stata così organizzata:

- per il sito ST1 è stata prevista l'indagine di sismica a rifrazione in onde P e SH e l'indagine MASW con distanza intergeofonica pari a 2 m;
- per il sito ST2 è stata prevista l'indagine di sismica a rifrazione in onde P e l'indagine MASW a duplice configurazione con distanza intergeofonica pari a 2 e a 3 m;
- per il sito ST3 è stata prevista l'indagine di sismica a rifrazione in onde P e l'indagine MASW con distanza intergeofonica pari a 2 m.

L'indagine MASW è stata condotta all'inizio dello stendimento di sismica a rifrazione; di seguito si riporta uno schema a validità generale dell'indagine eseguita:



Sulla base di valutazioni incrociate sull'attendibilità dei risultati ottenuti dalle ricostruzioni sismiche è possibile scegliere il modello ritenuto più conforme alla situazione litostratigrafica presente nell'area e di cui è sempre preferibile avere a disposizione informazioni dirette di tipo geologico, geotecnico e/o idrogeologico.

Si ricorda che gli andamenti dei rifrattori individuati possono non essere coincidenti con quelli reali, in quanto valutati tramite un solo stendimento lineare; al fine di individuare le reali geometrie dei sismostrati sarebbe necessario eseguire più stendimenti disposti tra loro ortogonalmente.

3. Interpretazione e risultati

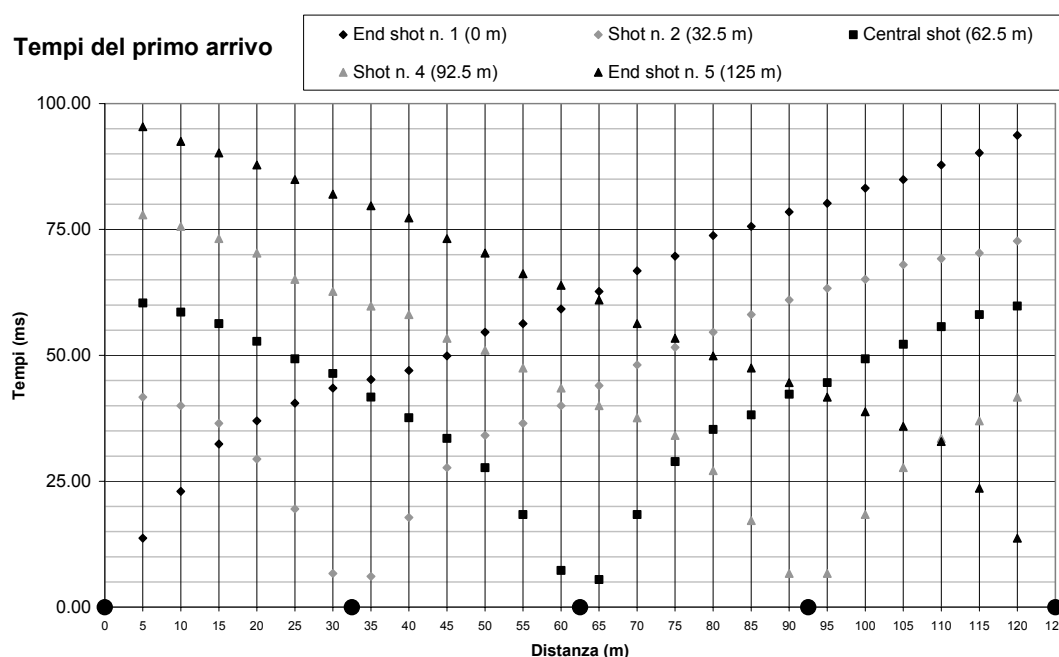
La topografia della superficie dei 3 siti investigati è subpianeggiante sul tratto analizzato; il rumore ambientale è risultato mediamente rilevante.

Per ogni stendimento si è utilizzato un sistema di riferimento relativo, il cui origine è posto in corrispondenza dell'end shot esterno al 1° geofono.

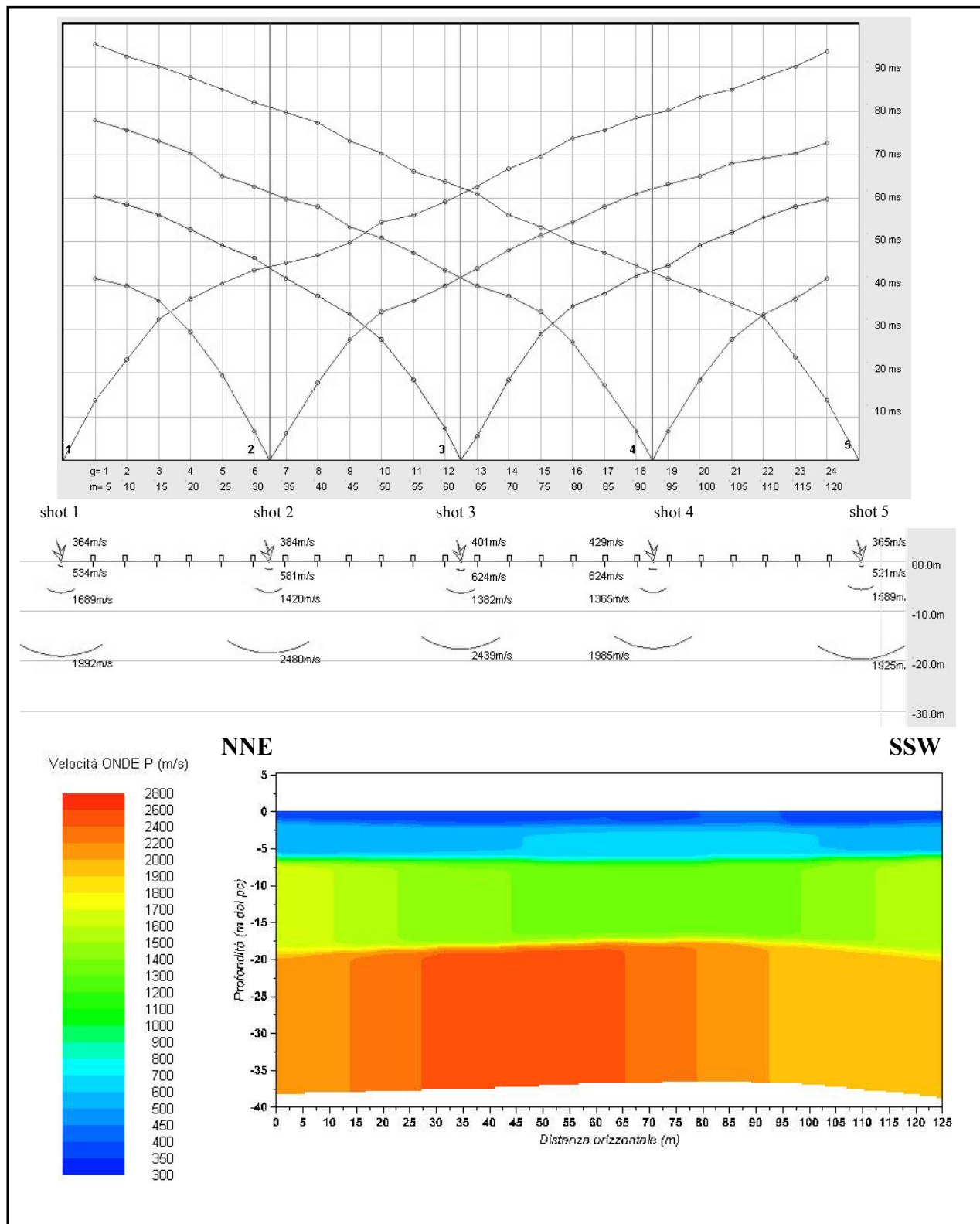
3.1. SITO n. 1 – Madonna della Neve

3.1.1. Acquisizione ed analisi onde P

In allegato n. 2 si riporta il sismogramma multishot acquisito, da cui tramite amplificazione ed equalizzazione delle tracce si è estratto il sismogramma elaborato da sottoporre ad eventuali procedure di filtraggio digitale multiplo con filtro taglia alto, taglia basso e passa banda.; sono inoltre riportati i parametri di configurazione dello stendimento e il tempo di primo arrivo individuato su ciascun ricevitore per ciascun punto di scoppio, di seguito rappresentati nel grafico distanza-tempo, dal quale si individuano le dromocrone e tramite linearizzazione si individuano i principali rifrattori al di sotto di ciascun shot:



Di seguito si riporta la sezione geofisica interpretativa ottenuta scegliendo un modello interpretativo a 4 strati ed applicando il metodo di interpretazione con il tempo di intercetta, computando la profondità dei rifrattori in corrispondenza dei soli punti di scoppio (griglia shot-point):



Si evidenziano pertanto 3 rifrattori principali:

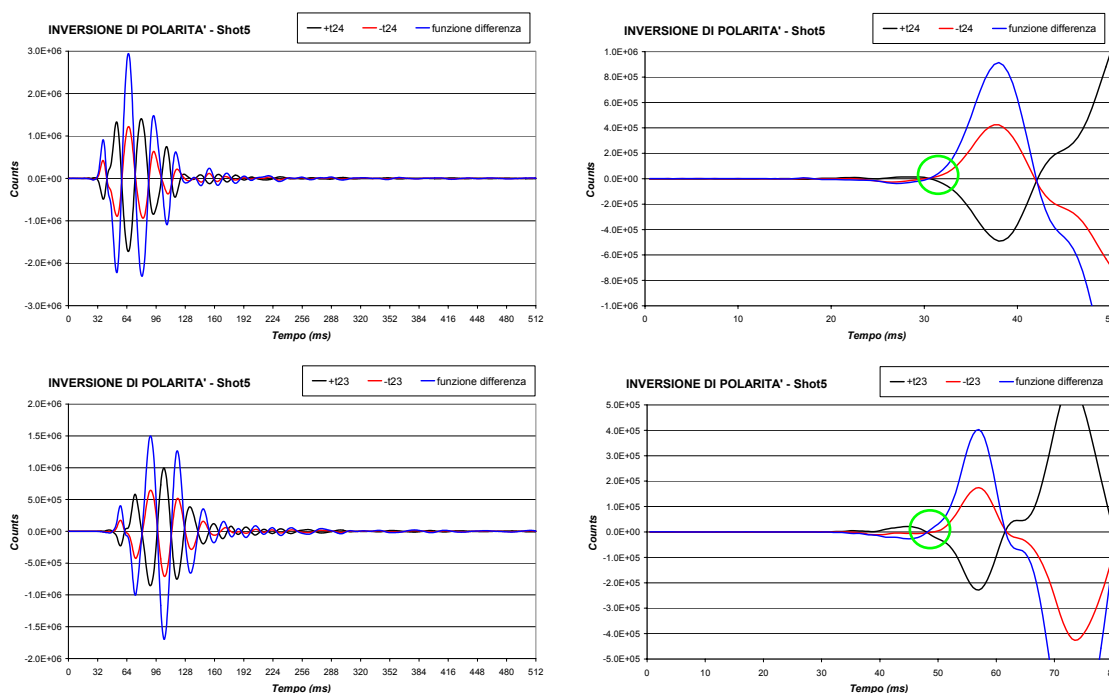
- uno posto alla profondità variabile da 1.0-2.0 m da pc che separa il sismostrato superficiale caratterizzato da valori di V_P compresi tra 360 e 420 m/s da quello sottostante con V_P compresi tra 520 e 620 m/s;
- uno posto alla profondità dell'ordine dei 6.0 m da pc, che separa il secondo sismostrato dal terzo sismostrato caratterizzato da valori di V_P compresi tra 1350 e 1700 m/s;
- uno posto alla profondità variabile da 17.0 m a 20.0 m da pc, che separa il terzo sismostrato dal quarto sismostrato caratterizzato da valori di V_P compresi tra 1900 e 2500 m/s.

3.1.2. Acquisizione ed analisi onde S

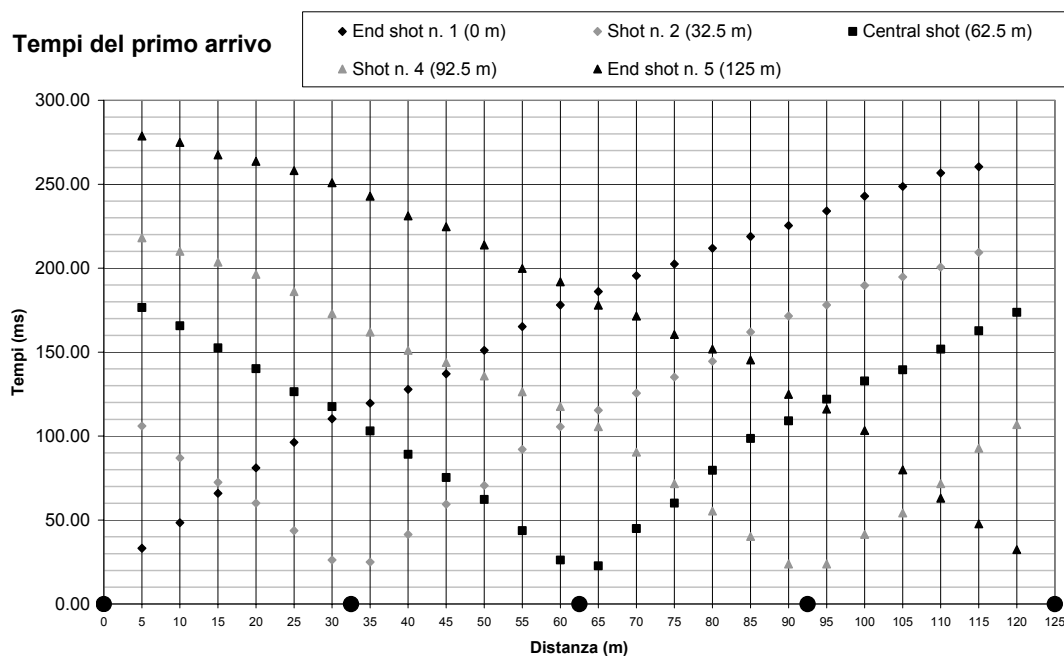
In allegato n. 3 si riporta il sismogramma multishot acquisito, da cui tramite amplificazione ed equalizzazione delle tracce si è estratto il sismogramma elaborato da sottoporre ad eventuali procedure di filtraggio digitale multiplo con filtro taglia alto, taglia basso e passa banda.

Per l'individuazione del primo arrivo dell'onda SH si è operato tramite inversione di polarità, energizzando la sorgente SH sia con polarizzazione diretta (S+) sia con polarizzazione inversa (S-), in modo da valutare con precisione il primo arrivo dell'onda di taglio, depurandolo dall'eventuale influenza dell'arrivo di onde longitudinali più veloci; queste ultime possono essere più o meno evidenti a seconda dell'efficienza della sorgente SH, in quanto legata, oltre che alla distanza dalla sorgente, anche all'aliquota energetica assegnata alle onde di compressione durante l'energizzazione della sorgente stessa.

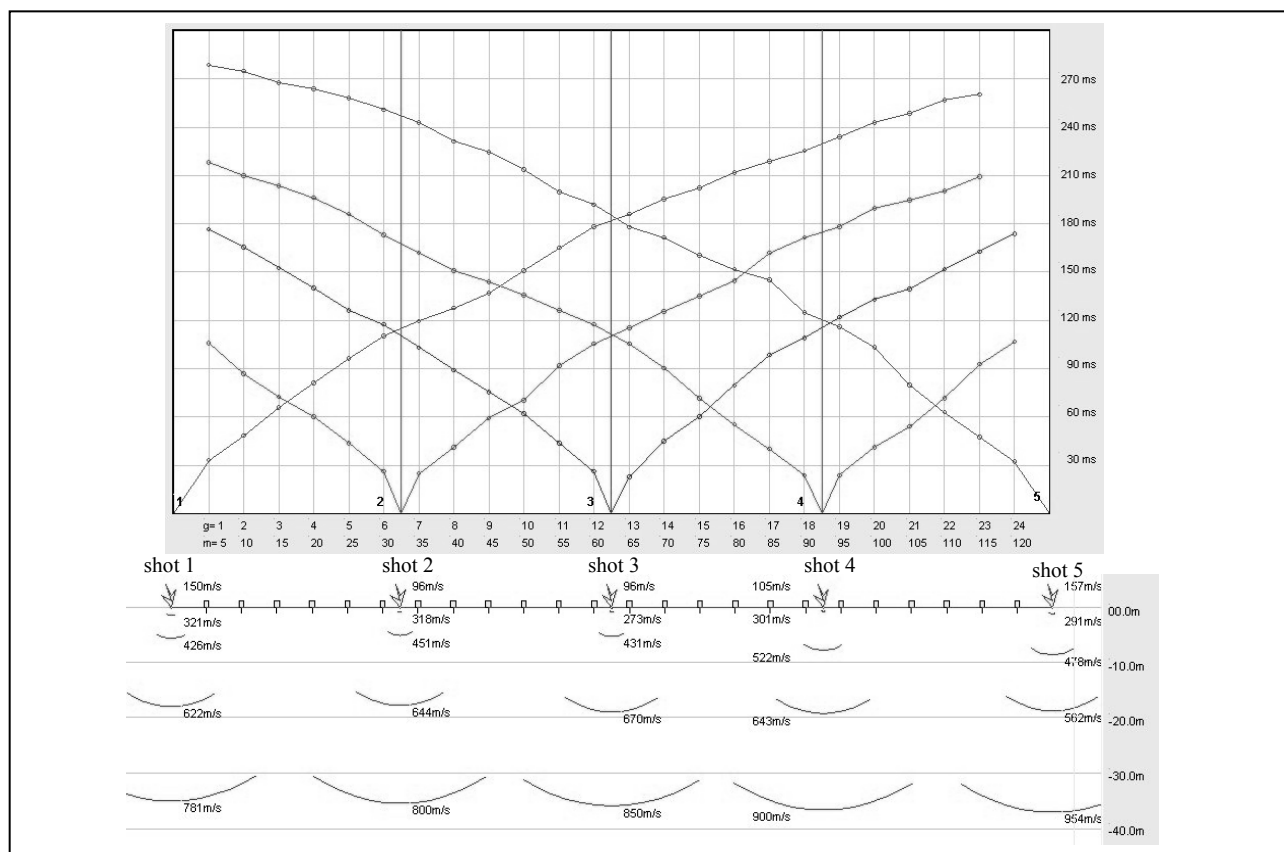
Di seguito si riporta un esempio di analisi eseguita su coppie di segnali acquisiti con polarità inversa, mediante sottrazione, osservazione della forma d'onda e dei punti caratteristici e filtrazione delle componenti di più alta frequenza rispetto a quella di interesse:

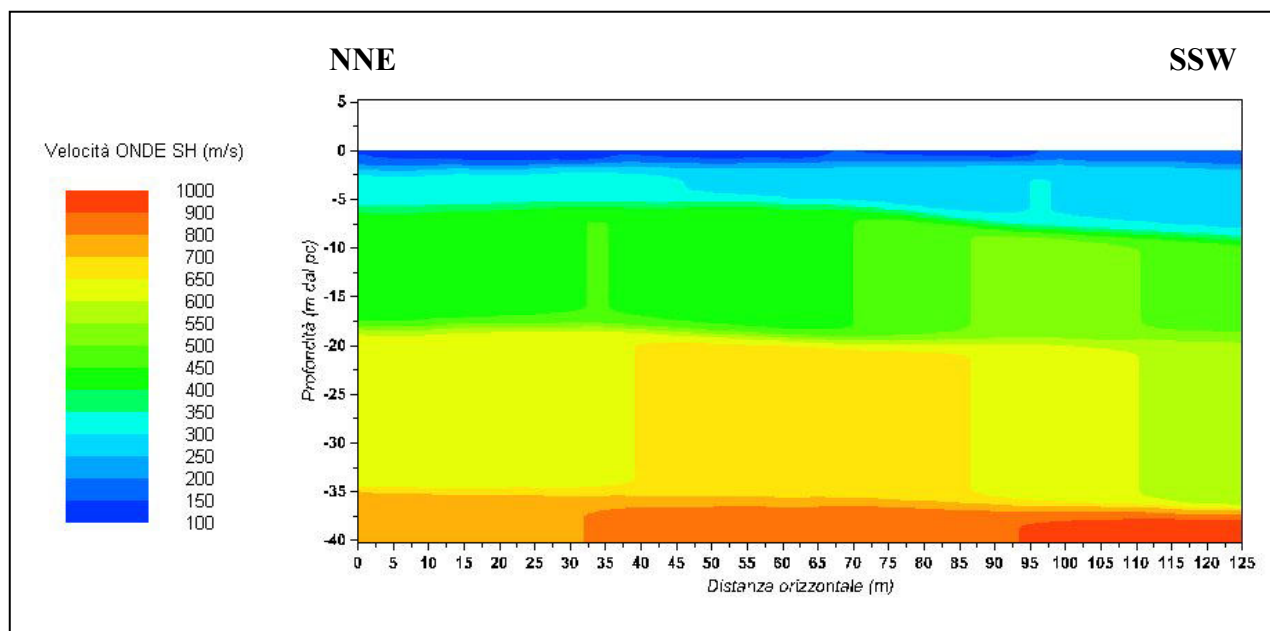


In allegato n. 3 sono inoltre riportati i parametri di configurazione dello stendimento e il tempo di primo arrivo individuato su ciascun ricevitore per ciascun punto di scoppio, di seguito rappresentati nel grafico distanza-tempo, dal quale si individuano le dromocrone e tramite linearizzazione si individuano i principali rifrattori al di sotto di ciascun shot:



Di seguito si riporta lo schema interpretativo ottenuto scegliendo un modello a 5 strati ed applicando il metodo di interpretazione con il tempo di intercetta, computando la profondità dei rifrattori in corrispondenza dei soli punti di scoppio (griglia shot point):





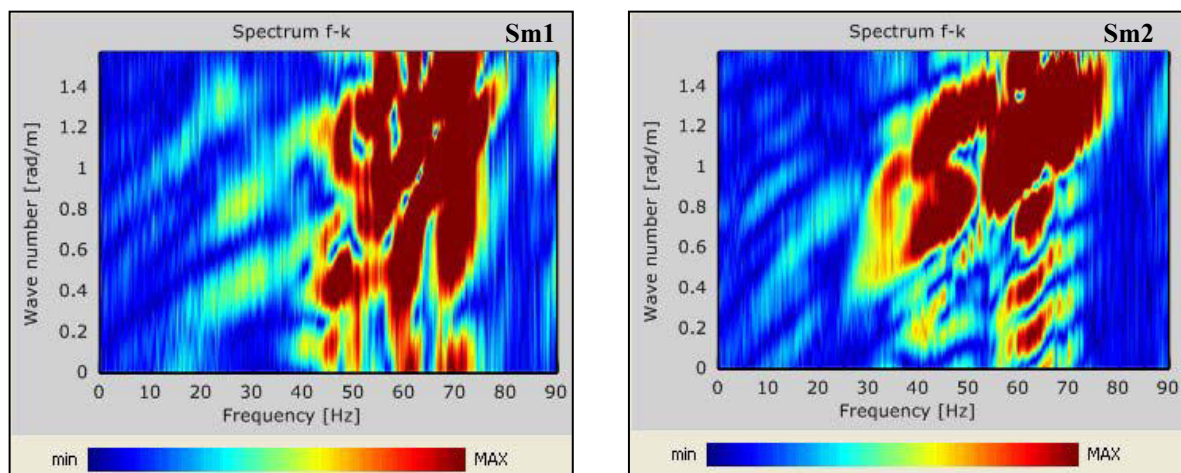
Si evidenziano pertanto 4 rifrattori principali:

- uno posto alla profondità variabile da 1.0 a 1.5 m da pc che separa il sismostrato superficiale con valori di V_S compresi tra 120 e 160 m/s da quello sottostante con valori di V_S compresi tra 270 e 320 m/s;
- uno posto alla profondità variabile da 5.0 a 8.0 m da pc che separa il secondo sismostrato dal terzo sismostrato con valori di V_S compresi tra 420 e 520 m/s;
- uno posto alla profondità variabile da 18.0 a 19.0 m da pc che separa il terzo sismostrato dal quarto sismostrato con valori di V_S compresi tra 560 e 670 m/s;
- uno posto alla profondità variabile da 35.0 a 37.0 m da pc che separa il quarto sismostrato dal quinto sismostrato con valori di V_S compresi tra 780 e 950 m/s.

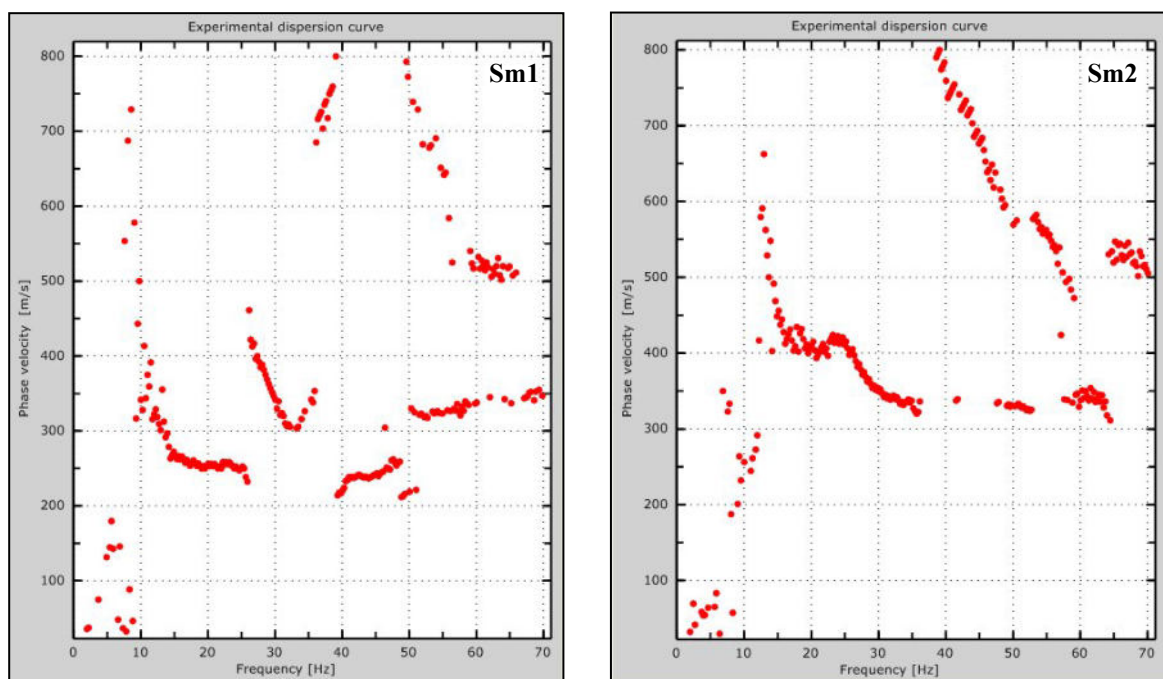
3.1.3. Acquisizione ed analisi onde superficiali (Onde di Rayleigh)

Durante la fase di acquisizione, lungo lo stendimento con interdistanza geofonica di 2 m, sono stati eseguiti diversi shots coniugati a distanza dal geofono esterno pari a 6 m, al fine di valutare la stabilità della curva di dispersione sperimentale apparente, necessaria per verificare l'assenza di eccessive variazioni laterali e fondamentale prima di elaborare un modello di rigidità 1D rappresentativo della risposta del sito.

Di seguito si riportano le due acquisizioni coniugate espresse in termini di spettro fk:



e la relativa rappresentazione dei massimi nel piano frequenza-velocità di fase:



La curva di dispersione sperimentale apparente rappresentativa del sito si desume dalle acquisizioni ed ha un andamento di tipo normal-dispersivo, con forte contributo energetico da parte dei modi superiori dell'onda di Rayleigh, soprattutto per le acquisizioni condotte all'estremo Sm2.

Inoltre si è proceduto alla valutazione di coerenza del segnale su ciascun ricevitore per determinare la minima frequenza affidabile (10Hz), a cui è legata la massima profondità di indagine.

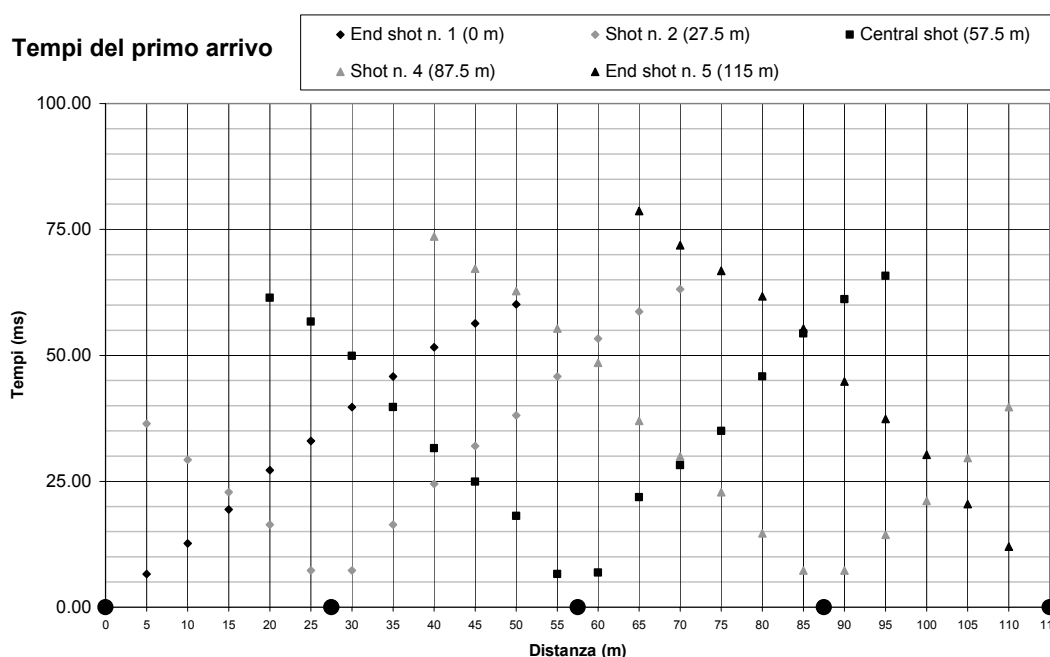
L'elaborazione è stata condotta sulla curva di dispersione sperimentale acquisita all'estremità Sm2 ed eseguita in procedura diretta calcolando, per il modello numerico 1D scelto sulla base dei dati di sismica a rifrazione e sui dati stratigrafici noti, la relativa curva di dispersione numerica; successivamente dal modello di prima elaborazione è stata scelta la soluzione che minimizza l'errore tra curva sperimentale e curva numerica e che tiene conto del contributo dei modi superiori di Rayleigh.

Il processo di elaborazione è stato condotto sulla curva di dispersione, nella banda di frequenza compresa tra i 10 e i 70 Hz, operando in modo manuale e vincolando la scelta del modello numerico ai dati acquisiti con la tecnica della sismica a rifrazione ed accettando soluzioni con un errore medio inferiore o uguale al 15% sul fitting con la curva di dispersione sperimentale apparente.

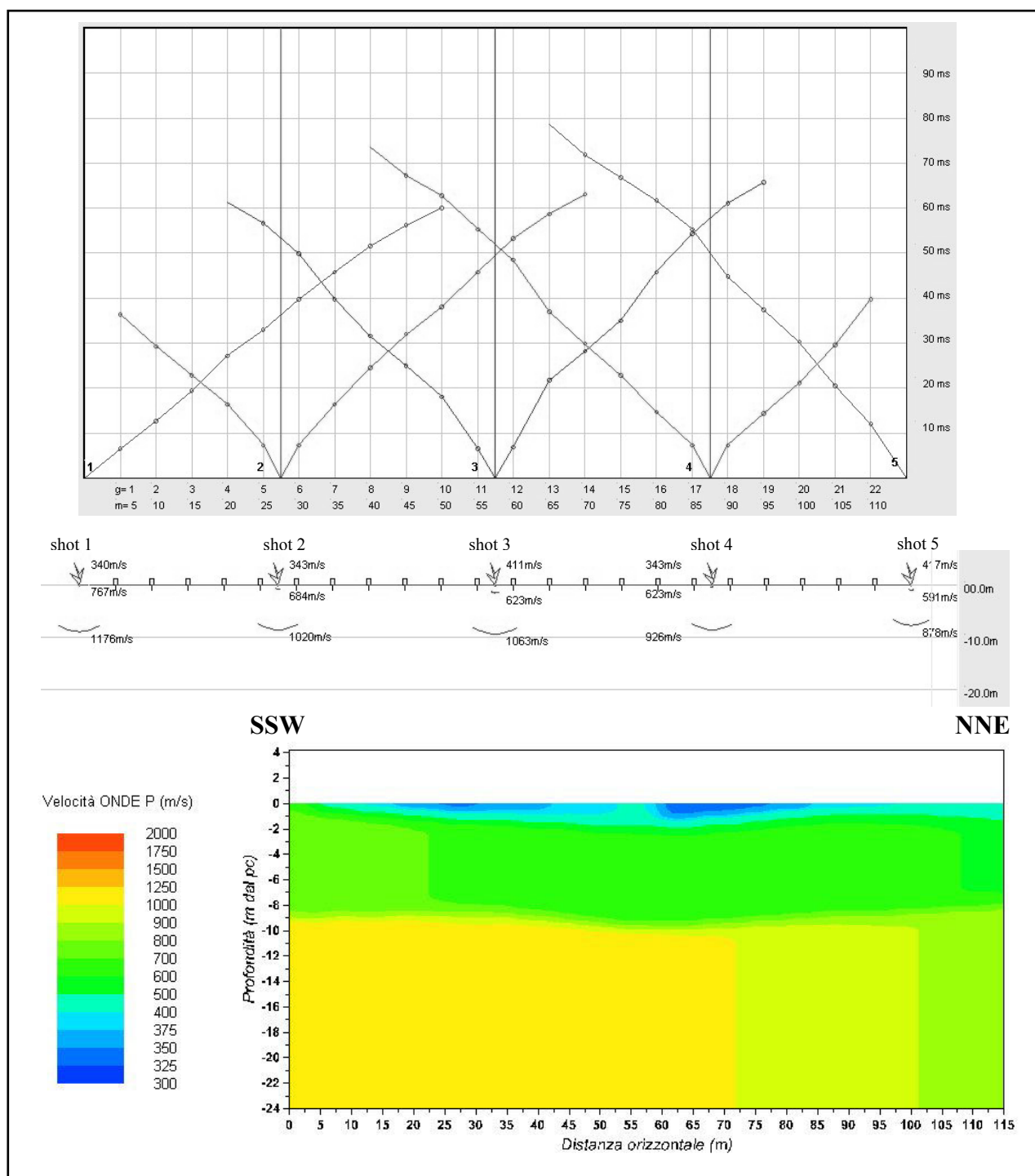
3.2. SITO n. 2 – Monte Netto

3.2.1. Acquisizione ed analisi onde P

In allegato n. 4 si riporta il sismogramma multishot acquisito, da cui tramite amplificazione ed equalizzazione delle tracce si è estratto il sismogramma elaborato da sottoporre ad eventuali procedure di filtraggio digitale multiplo con filtro taglia alto, taglia basso e passa banda.; sono inoltre riportati i parametri di configurazione dello stendimento e il tempo di primo arrivo individuato su ciascun ricevitore per ciascun punto di scoppio, di seguito rappresentati nel grafico distanza-tempo, dal quale si individuano le dromocrone e tramite linearizzazione si individuano i principali rifrattori al di sotto di ciascun shot:



Di seguito si riporta la sezione geofisica interpretativa ottenuta scegliendo un modello interpretativo a 3 strati ed applicando il metodo di interpretazione con il tempo di intercetta, computando la profondità dei rifrattori in corrispondenza dei soli punti di scoppio (griglia shot-point):



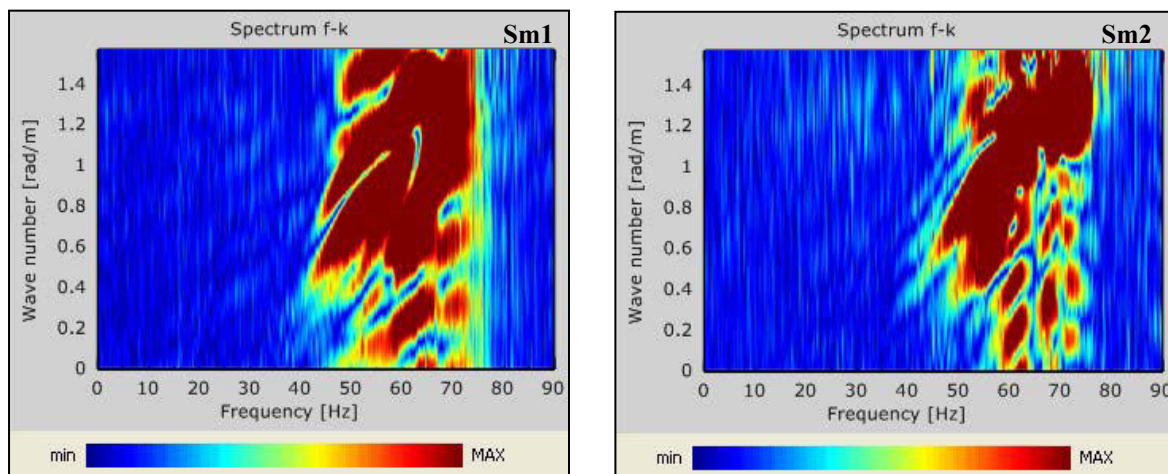
Si evidenziano pertanto 2 rifrattori principali:

- uno posto alla profondità variabile da 0.5-1.5 m da pc che separa il sismostrato superficiale caratterizzato da valori di V_P compresi tra 340 e 420 m/s da quello sottostante con V_P compresi tra 590 e 770 m/s; in corrispondenza dell'estremo SSW affiora direttamente il secondo sismostrato;
- uno posto alla profondità dell'ordine dei 8.0-9.0 m da pc, che separa il secondo sismostrato dal terzo sismostrato caratterizzato da valori di V_P compresi tra 880 e 1200 m/s.

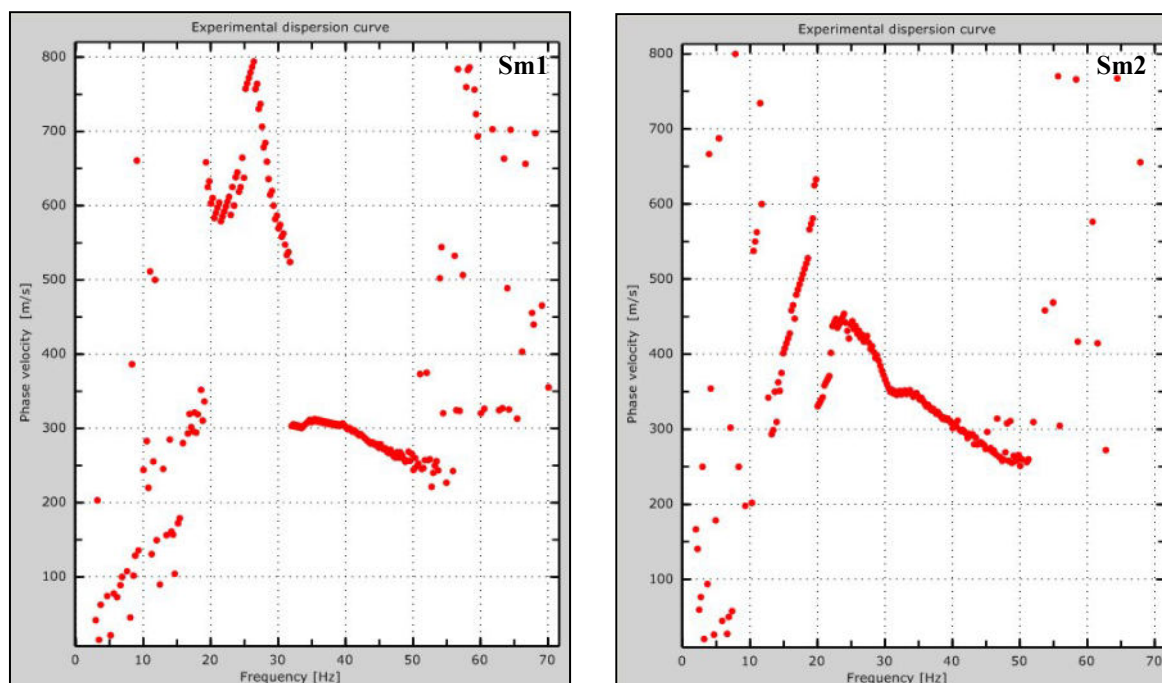
3.2.2. Acquisizione ed analisi onde superficiali (Onde di Rayleigh)

Durante la fase di acquisizione, lungo i due stendimenti con interdistanza geofonica rispettivamente di 2 m e di 3 m, sono stati eseguiti diversi shots coniugati a distanza dal geofono esterno pari a 6 m, al fine di valutare la stabilità della curva di dispersione sperimentale apparente, necessaria per verificare l'assenza di eccessive variazioni laterali e fondamentale prima di elaborare un modello di rigidità 1D rappresentativo della risposta del sito.

Di seguito si riportano le due acquisizioni coniugate eseguite con distanza intergeofonica di 2 m, espresse in termini di spettro $f-k$:

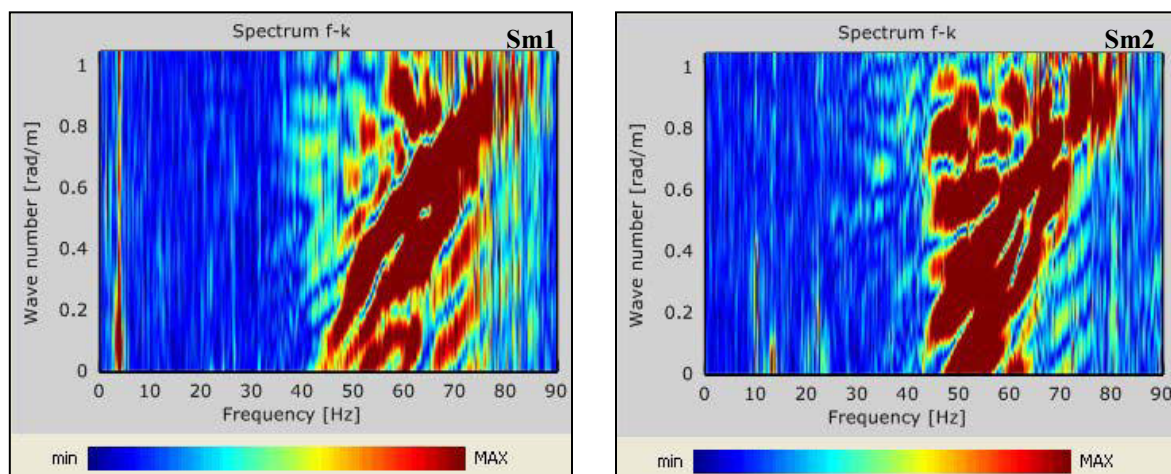


e la relativa rappresentazione dei massimi nel piano frequenza-velocità di fase:

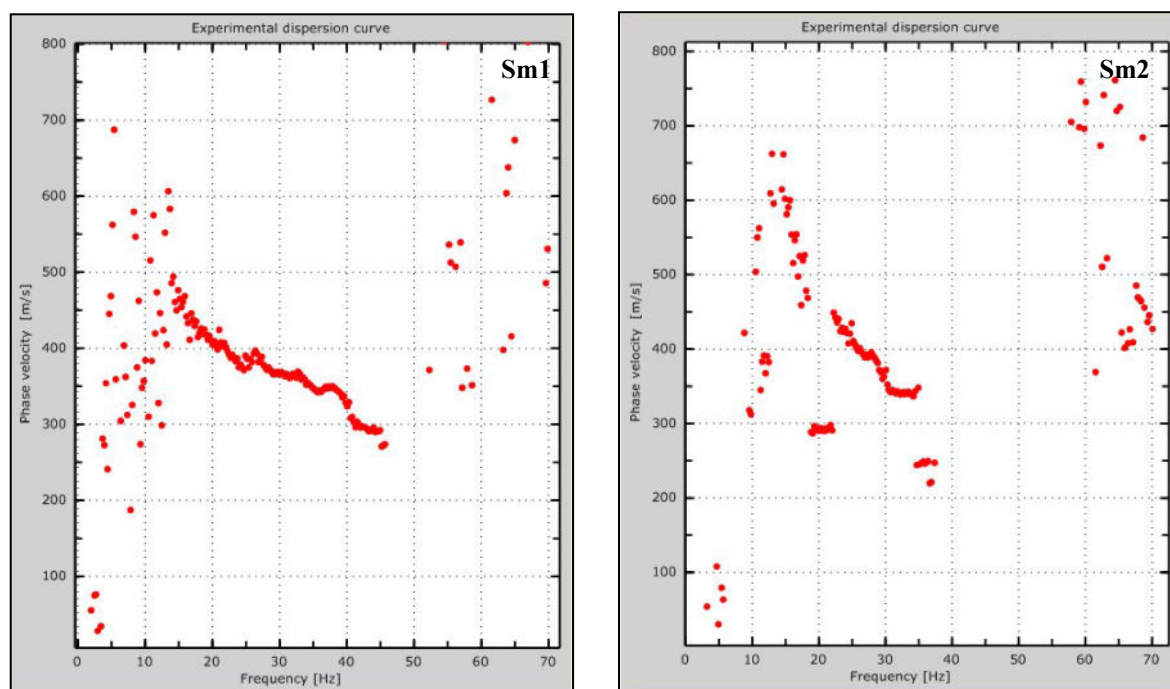


La curva di dispersione sperimentale apparente rappresentativa del sito, che si desume dalle acquisizioni eseguite con distanza intergeofonica di 2 m, ha un andamento di tipo normal-dispersivo, con forte contributo energetico da parte dei modi superiori dell'onda di Rayleigh.

Di seguito si riportano le due acquisizioni coniugate eseguite con distanza intergeofonica di 3 m, espresse in termini di spettro fk:



e la relativa rappresentazione dei massimi nel piano frequenza-velocità di fase:



La curva di dispersione sperimentale apparente rappresentativa del sito, che si desume dalle acquisizioni eseguite con distanza intergeofonica di 3 m, ha un andamento di tipo normal-dispersivo molto simile a quello individuato in precedenza ma con una maggior risoluzione alle basse frequenze.

Inoltre si è proceduto alla valutazione di coerenza del segnale su ciascun ricevitore per determinare la minima frequenza affidabile (10Hz), a cui è legata la massima profondità di indagine.

L'elaborazione è stata condotta sulla curva di dispersione sperimentale acquisita all'estremità Sm2 della configurazione a distanza intergeofonica di 3 m ed eseguita in procedura diretta calcolando, per il modello numerico 1D scelto sulla base dei dati di sismica a rifrazione e sui dati stratigrafici noti, la relativa curva di dispersione numerica; successivamente dal modello di prima elaborazione

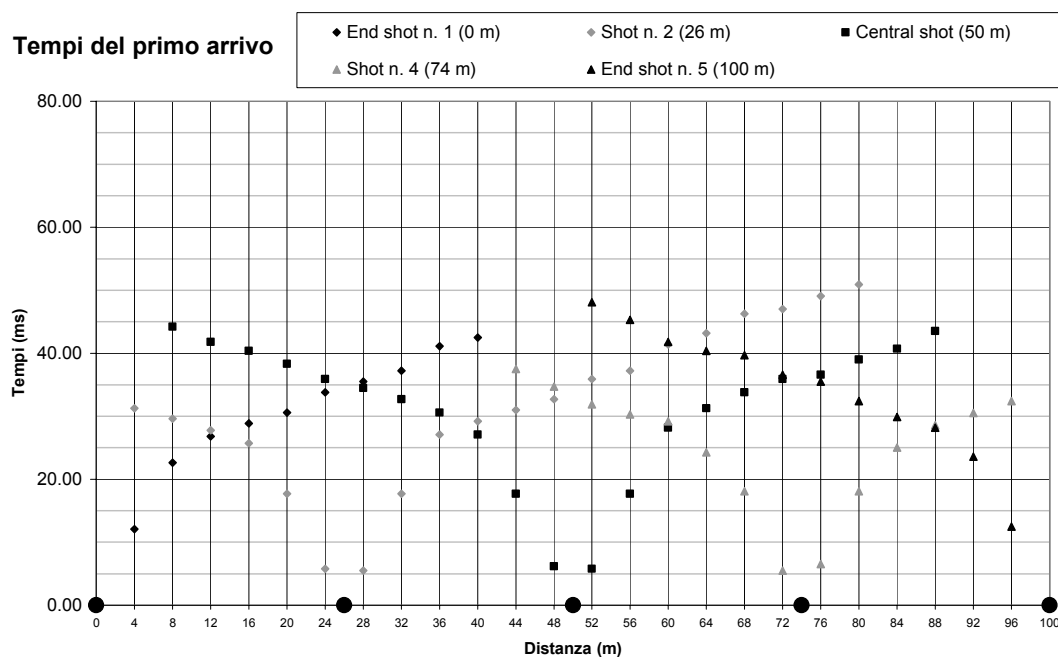
è stata scelta la soluzione che minimizza l'errore tra curva sperimentale e curva numerica e che tiene conto del contributo dei modi superiori di Rayleigh.

Il processo di elaborazione è stato condotto sulla curva di dispersione, nella banda di frequenza compresa tra i 10 e i 55 Hz, operando in modo manuale e vincolando la scelta del modello numerico ai dati acquisiti con la tecnica della sismica a rifrazione ed accettando soluzioni con un errore medio inferiore o uguale al 15% sul fitting con la curva di dispersione sperimentale apparente.

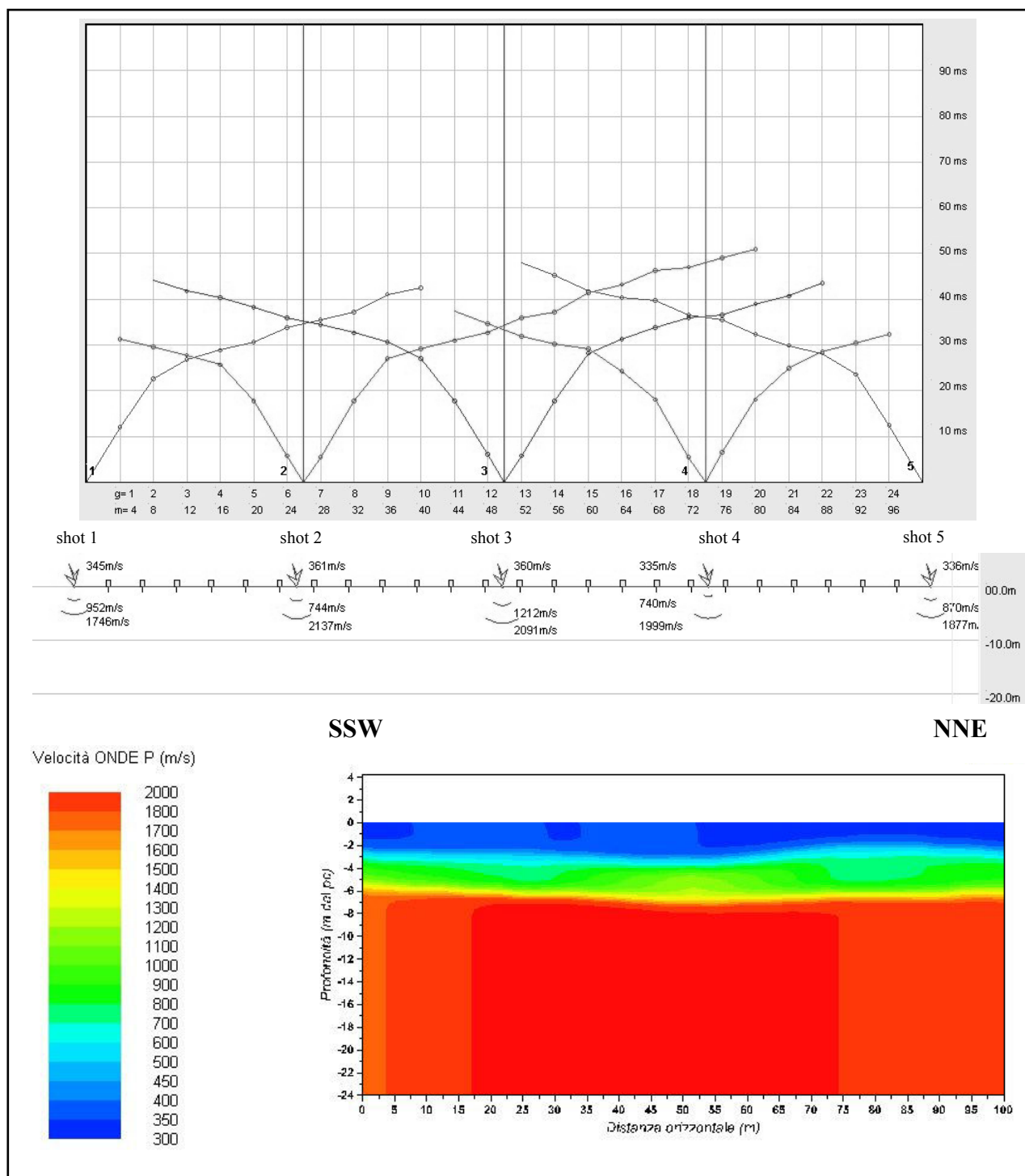
3.3. SITO n. 3 – Fenili Belasi

3.3.1. Acquisizione ed analisi onde P

In allegato n. 5 si riporta il sismogramma multishot acquisito, da cui tramite amplificazione ed equalizzazione delle tracce si è estratto il sismogramma elaborato da sottoporre ad eventuali procedure di filtraggio digitale multiplo con filtro taglia alto, taglia basso e passa banda.; sono inoltre riportati i parametri di configurazione dello stendimento e il tempo di primo arrivo individuato su ciascun ricevitore per ciascun punto di scoppio, di seguito rappresentati nel grafico distanza-tempo, dal quale si individuano le dromocrone e tramite linearizzazione si individuano i principali rifrattori al di sotto di ciascun shot:



Di seguito si riporta la sezione geofisica interpretativa ottenuta scegliendo un modello interpretativo a 3 strati ed applicando il metodo di interpretazione con il tempo di intercetta, computando la profondità dei rifrattori in corrispondenza dei soli punti di scoppio (griglia shot-point):



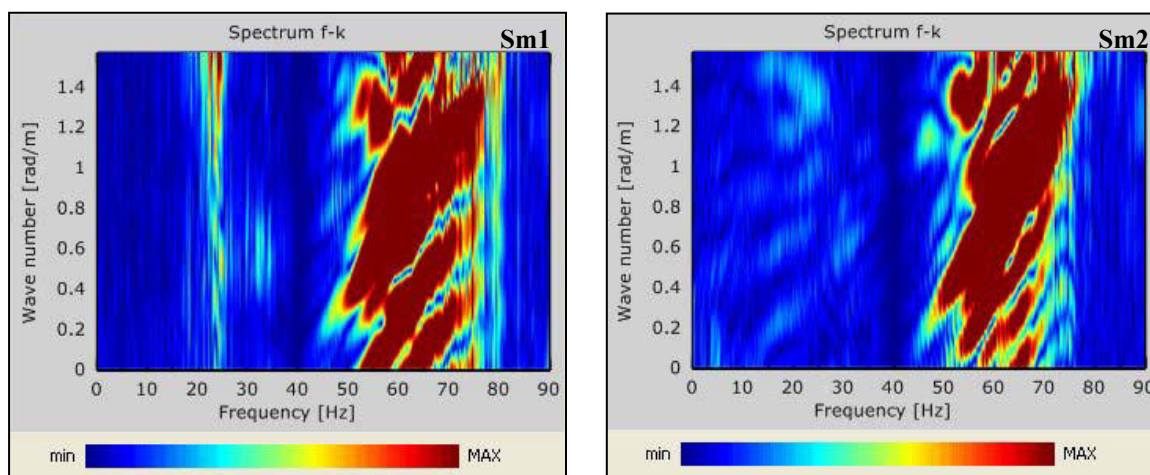
Si evidenziano pertanto 2 rifrattori principali:

- uno posto alla profondità variabile da 2.0-3.5 m da pc che separa il sismostrato superficiale caratterizzato da valori di V_P compresi tra 330 e 360 m/s da quello sottostante con V_P compresi tra 750 e 1200 m/s;
- uno posto alla profondità dell'ordine dei 6.0-7.0 m da pc, che separa il secondo sismostrato dal terzo sismostrato caratterizzato da valori di V_P compresi tra 1750 e 2150 m/s.

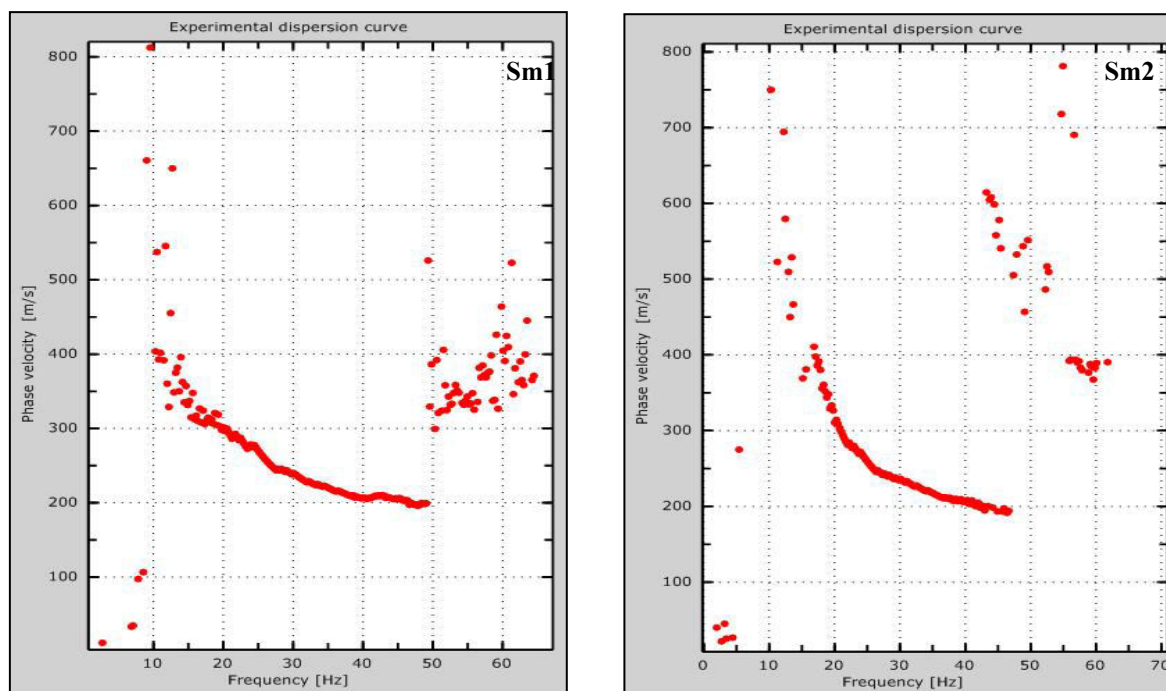
3.3.2. Acquisizione ed analisi onde superficiali (Onde di Rayleigh)

Durante la fase di acquisizione, lungo lo stendimento con interdistanza geofonica di 2 m, sono stati eseguiti diversi shots coniugati a distanza dal geofono esterno pari a 6 m, al fine di valutare la stabilità della curva di dispersione sperimentale apparente, necessaria per verificare l'assenza di eccessive variazioni laterali e fondamentale prima di elaborare un modello di rigidità 1D rappresentativo della risposta del sito.

Di seguito si riportano le due acquisizioni coniugate espresse in termini di spettro fk:



e la relativa rappresentazione dei massimi nel piano frequenza-velocità di fase:



La curva di dispersione sperimentale apparente rappresentativa del sito, che si desume dalle acquisizioni, ha un andamento di tipo normal-dispersivo, è stabile e caratterizzata dal modo fondamentale dell'onda di Rayleigh.

Inoltre si è proceduto alla valutazione di coerenza del segnale su ciascun ricevitore per determinare la minima frequenza affidabile (10Hz), a cui è legata la massima profondità di indagine.

L'elaborazione è stata condotta sulla curva di dispersione sperimentale acquisita all'estremità Sm1 ed eseguita in procedura diretta calcolando, per il modello numerico 1D scelto sulla base dei dati di sismica a rifrazione e sui dati stratigrafici noti, la relativa curva di dispersione numerica; successivamente dal modello di prima elaborazione è stata scelta la soluzione che minimizza l'errore tra curva sperimentale e curva numerica e che tiene conto del contributo dei modi superiori di Rayleigh.

Il processo di elaborazione è stato condotto sulla curva di dispersione, nella banda di frequenza compresa tra i 10 e i 45 Hz, operando in modo manuale e vincolando la scelta del modello numerico ai dati acquisiti con la tecnica della sismica a rifrazione ed accettando soluzioni con un errore medio inferiore o uguale al 15% sul fitting con la curva di dispersione sperimentale apparente.

4. Modelli geofisici sismici interpretativi

Le sezioni sismiche ottenute dall'interpretazione (sismica a rifrazione) dei segnali acquisiti (rappresentati tramite tecnica di campitura cromatica) permettono di individuare le principali unità geofisiche costituenti il modello geofisico dell'area d'indagine.

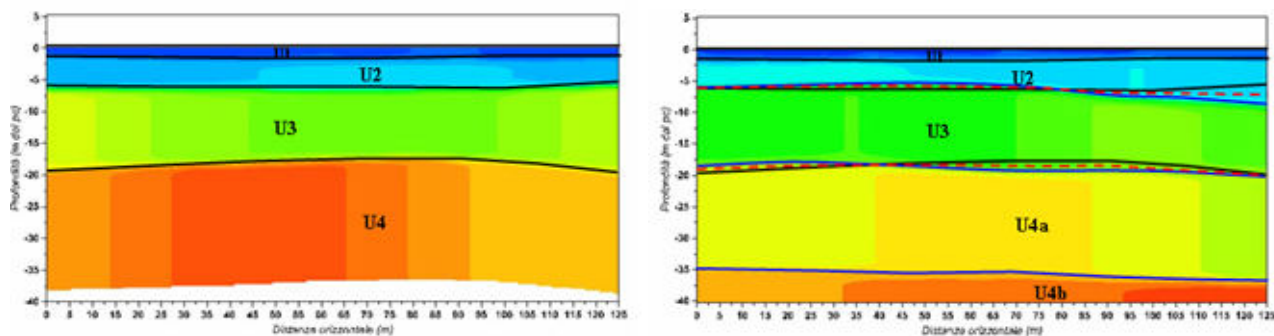
Si ricorda che qualunque tecnica di geofisica applicata ha un margine di errore intrinseco variabile in funzione del tipo di tecnica usata, di strumentazione adottata e di problematiche incontrate durante l'indagine e che solo l'operatore è in grado di quantificare in modo ottimale: nel caso in esame la risoluzione del metodo non permette precisioni in termini di spessore inferiori al metro e i valori di velocità V_P e V_S sono da intendere come velocità medie all'interno di ciascuna unità geofisica individuata.

Per il sito ST1, nel quale è stata eseguita la sismica a rifrazione sia in onde P sia in onde SH, si è proceduto all'interpretazione geofisica:

- individuando preliminarmente le unità geofisiche omogenee dal punto di vista delle onde P (V_P);
- sovrapponendo i limiti individuati sulle sezioni sismiche SH, modificandoli ed integrandoli coerentemente con i valori di V_S e in rapporto con i valori di V_P , tenendo in considerazione i margini di errore dell'indagine.

Di seguito si riportano per il sito ST1 l'interpretazione incrociata tra sezioni sismiche P e sezioni sismiche SH:

Sito ST1



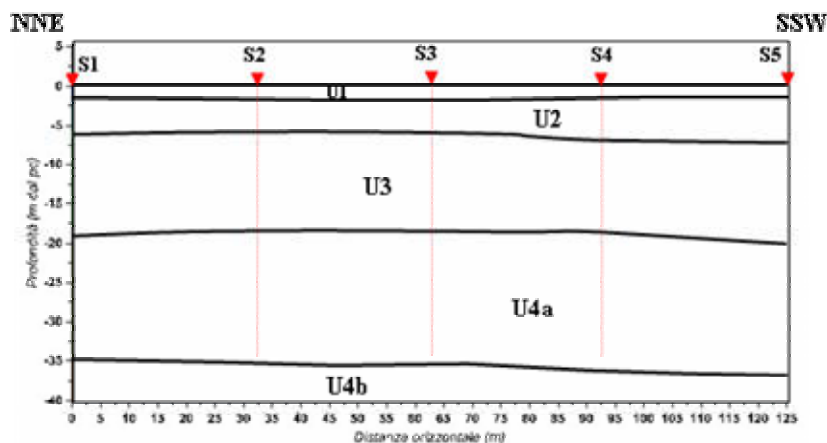
Ciascuna unità geofisica così individuata è da intendersi costituita da materiale continuo, isotropo ed elastico, le cui proprietà elastiche variano verticalmente in modo lineare da un valore minimo ad un valore massimo definito dall'intervallo di valori ad essa associati: a ciascuna unità è possibile assegnare un unico valore di V_P e V_S pari al valore medio dell'intervallo assegnato, mentre a tutto il modello è possibile associare uno o più gradienti di V_P e V_S con la profondità, in funzione delle variabilità laterali.

Le scelte interpretative sono volte nella direzione della maggior sicurezza e quindi in occasione di biunivocità sono state preferite condizioni cautelative in termini di spessori e valori di V_S che portano a situazioni più sfavorevoli dal punto di vista degli effetti sismici di sito.

Si è così individuato il modello geofisico sismico di ciascuna area, distinguendo diverse unità geofisiche, a cui si associano intervalli di valori di V_P e V_S e dei relativi parametri elastici.

Assegnando per ciascuna unità sismica individuata un intervallo di valore del peso di volume ricavato da dati di letteratura, ipotizzando pesi di volume gradualmente crescenti alle unità più profonde, è stato possibile calcolarne i principali parametri elastici.

Di seguito si riportano per ciascun sito analizzato la sezione sismica interpretativa e la relativa tabella dei parametri elastici di ciascuna unità geofisiche costituente il modello sismico, ove sono riportati i valori dei parametri elastici G (Modulo di taglio), E (Modulo di Young), K (Modulo di incompressibilità) e ν (coefficiente di Poisson) validi per l'intervallo di densità assegnato e determinati sulla base dei risultati dell'indagine di sismica a rifrazione:



MODELLO GEOFISICO SISMICO – ST1								
Unità	Densità (g/cm ³)	V _P (m/s)	V _S (m/s)	V _P /V _S	ν	G (MPa)	E (MPa)	K (MPa)
U1	1.73-1.83	360-420	100-160	2.63-3.60	0.42-0.46	17-47	51-133	201-261
U2	1.83-1.94	520-620	270-320	1.93-1.94	0.31-0.32	134-198	352-523	318-480
U3	1.94-2.04	1350-1700	420-520	3.21-3.27	0.44-0.45	342-551	988-1597	3074-5157
U4a	2.04-2.14	1900-2500	560-670	3.39-3.73	0.45-0.46	639-961	1857-2808	6507-12098
U4b	2.04-2.14	1900-2500	780-950	2.44-2.63	0.40-0.42	1240-1932	3470-5470	5706-10803

Si ricorda che tali valori sono validi per piccolissime deformazioni comprese nel tratto lineare elastico del legame costitutivo dei materiali (deformazioni tangenziali inferiore alla soglia elastica γ indicativamente dell'ordine di 10^{-2} - 10^{-4} %).

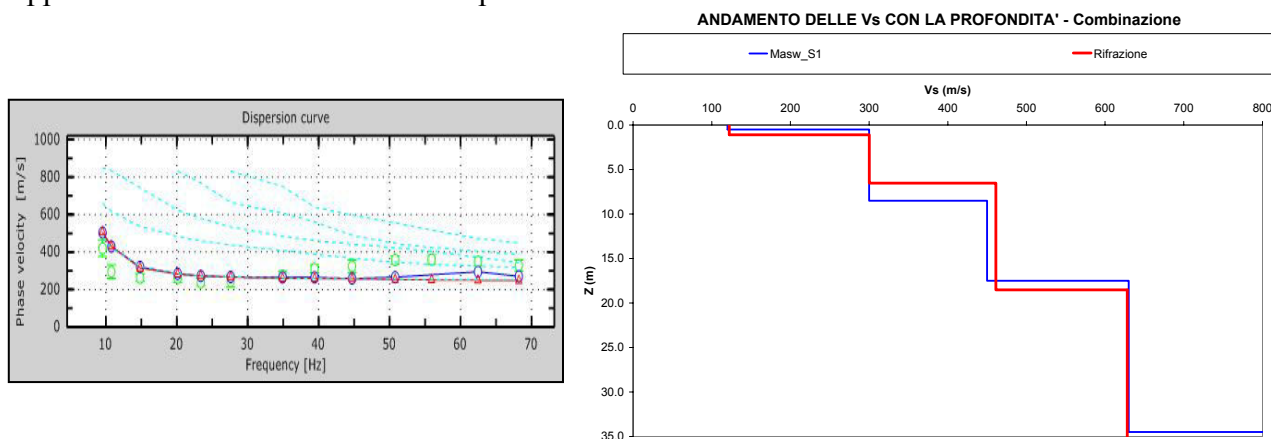
Di seguito si riportano i valori sperimentali di V_S (m/s) per ciascuna unità geofisica individuata nel sito ST1 e i rispettivi spessori (m):

Distanza orizzontale lungo lo stendimento (m)	Valori sperimentali di V _S (m/s) per ogni unità geofisica				
	U1	U2	U3	U4a	U4b
Estremo NNE (0.0)	150	320	425	622	781
32.5	97	317	450	644	-
62.5	103	272	431	670	-
92.5	104	301	522	643	-
Estremo SSW (125.0)	157	291	478	562	955
MEDIE	122	300	461	628	868
Distanza orizzontale lungo lo stendimento (m)	Valori dello spessore (m) per ogni unità geofisica				Prof. U4a-U4b (m da pc)
	U1	U2	U3	U4a	
Estremo NNE (0.0)	1.5	4.2	12.2	17.1	35.0
32.5	0.9	4.2	12.6	-	-
62.5	0.9	4.5	13.6	-	-
92.5	0.8	7.0	11.4	-	-
Estremo SSW (125.0)	1.3	7.4	10.1	18.3	36.1

Lungo ciascuna verticale investigata, nel sito ST1, mediante la sismica a rifrazione è stato calcolato il parametro V_{S30} ai sensi delle NTC 14-01-2008:

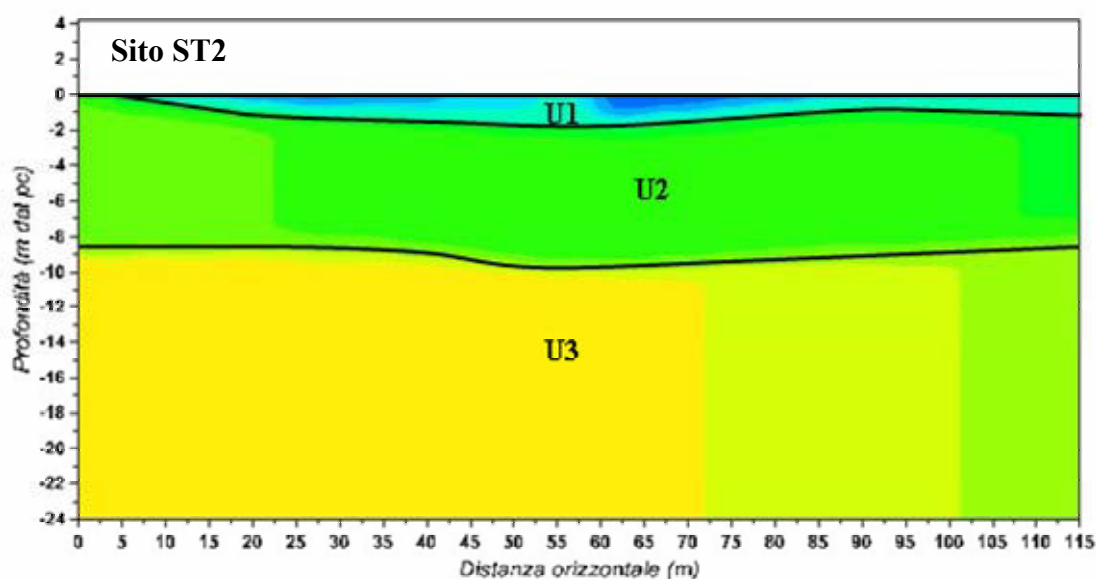
V_{S30} (m/s) da indagine di sismica a rifrazione					
S1	S2	S3	S4	S5	Media
421	431	410	431	401	420

L'indagine Masw condotta nel sito ST1 ha permesso di verificare l'attendibilità del modello geofisico predisposto con la sismica a rifrazione, individuando il seguente profilo di rigidità medio, in cui i valori assoluti dello spessore e delle velocità di ciascuna unità sono affetti da una certa variabilità legata all'indeterminatezza del problema inverso e al fatto che tale profilo rappresenta una delle tante soluzioni possibili.



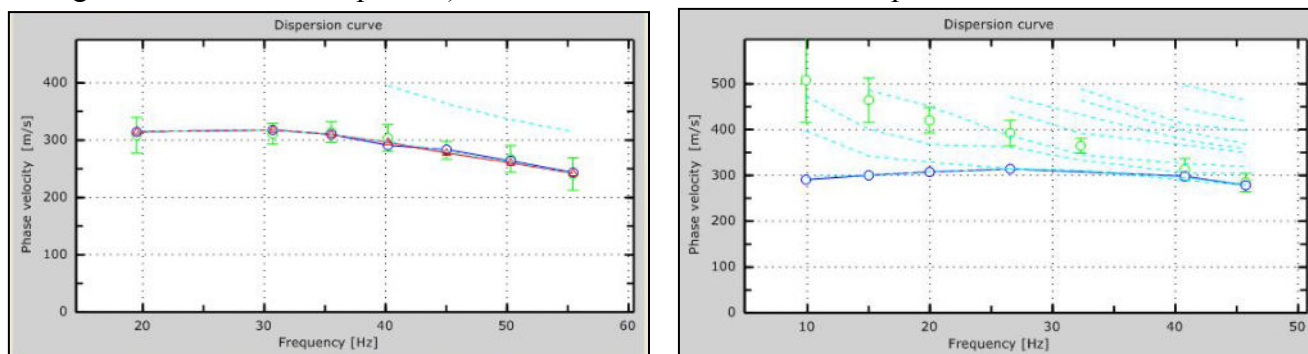
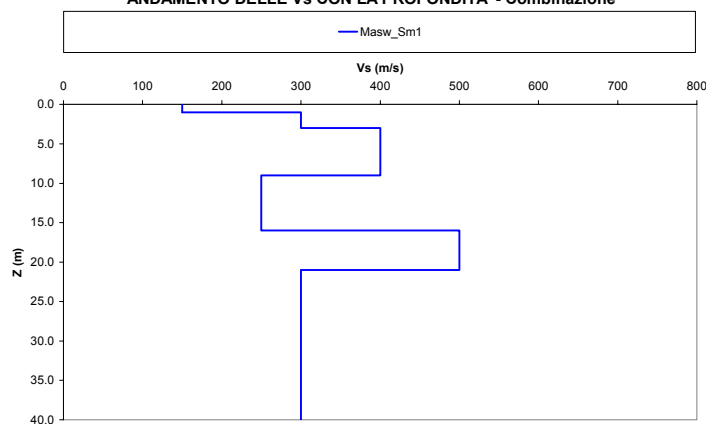
Profilo medio Vs - Masw						
Unità	Spessore (m)	ρ (g/cm ³)	V _S (m/s)	ν	V _P (m/s)	Fonte del dato
U1	0.5	1.80	120	0.45	400	Dai risultati dell'indagine di sismica a rifrazione e masw
U2	8.0	1.80	300	0.30	560	
U3	9.0	1.90	450	0.45	1490	
U4a	17.0	2.00	630	0.45	2090	
U4b	∞	2.10	850	0.40	2080	
$V_{s30} = 424 \text{ m/s}$						

Per i siti ST2 e ST3 non è stato possibile definire il relativo modello geofisico sismico in quanto non è stato possibile eseguire la sismica a rifrazione in onde SH; per tali siti l'andamento delle Vs con la profondità è stato derivato dal profilo di rigidità medio determinato dall'indagine MASW, la cui elaborazione è stata vincolata sui dati provenienti dalla sismica a rifrazione in onde P.

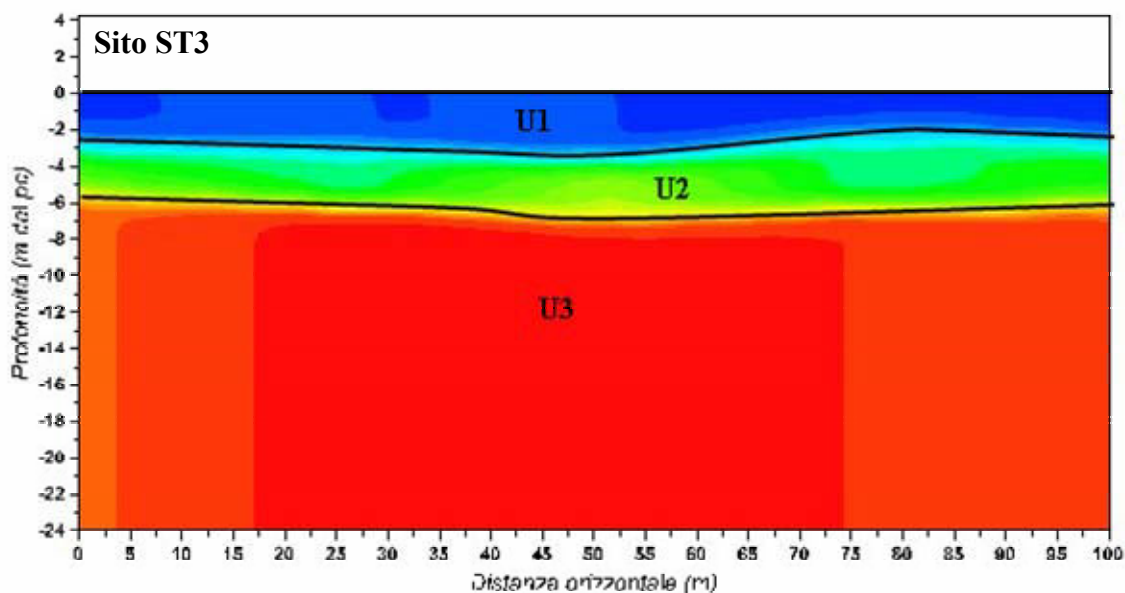


Valori sperimentali di V_P (m/s) e spessore (m) per ogni unità geofisica – ST2									
S1		S2		S3		S4		S5	
S (m)	V_P (m/s)	S (m)	V_P (m/s)	S (m)	V_P (m/s)	S (m)	V_P (m/s)	S (m)	V_P (m/s)
-	-	0.9	342	1.6	378	0.5	342	1.1	417
8.9	767	7.7	683	7.8	622	8.1	623	6.6	591
∞	1176	∞	1020	∞	1063	∞	925	∞	878

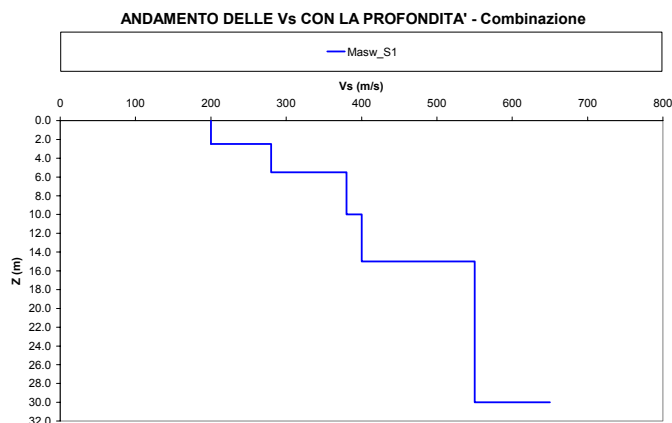
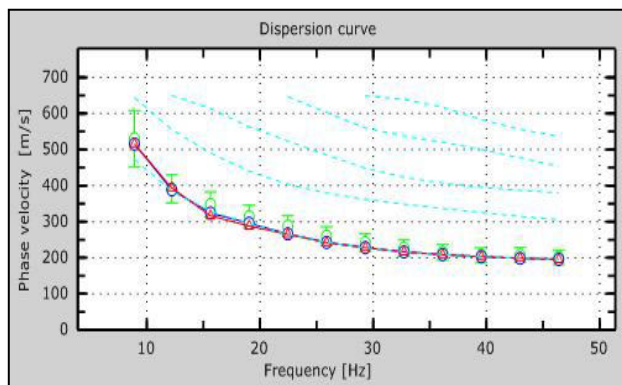
Di seguito si riportano due distinte elaborazioni: a sinistra quella derivata dalle acquisizioni eseguite con distanza intergeofonica di 2 m sul modo fondamentale dell'onda di Rayleigh, a destra quella derivata dalle acquisizioni eseguite con distanza intergeofonica di 3 m, con evidenziata la curva di dispersione numerica corrispondente al modo fondamentale dell'onda di Rayleigh (profilo di rigidezza medio sotto riportato) e le curve numeriche dei modi superiori:

ANDAMENTO DELLE V_s CON LA PROFONDITA' - CombinazioneProfilo medio V_s – Masw ST2

Unità	Spessore (m)	ρ (g/cm ³)	V_S (m/s)	ν	V_P (m/s)	Fonte del dato
U1	1.0	1.70	150	0.40	367	Dai risultati dell'indagine di sismica a rifrazione e masw
U2	2.0	1.80	300	0.40	735	
U3	6.0	1.90	400	0.30	748	
U4	7.0	1.95	250	0.47	1050	
U5	5.0	2.00	500	0.38	1140	
U6	∞	2.00	300	0.46	1100	
$V_{s30} = 311 \text{ m/s}$						

Valori sperimentali di V_P (m/s) e spessore (m) per ogni unità geofisica – ST3

S1		S2		S3		S4		S5	
S (m)	V_P (m/s)	S (m)	V_P (m/s)	S (m)	V_P (m/s)	S (m)	V_P (m/s)	S (m)	V_P (m/s)
2.6	345	2.7	360	3.6	355	1.9	331	2.6	336
2.7	952	3.3	743	3.3	1211	4.1	740	3.2	870
∞	1746	∞	2137	∞	2091	∞	2000	∞	1877

Profilo medio V_s – Masw ST3

Unità	Spessore (m)	ρ (g/cm ³)	V_s (m/s)	ν	V_P (m/s)	Fonte del dato
U1	2.5	1.80	200	0.30	375	Dai risultati dell'indagine di sismica a rifrazione e masw
U2	3.0	1.90	280	0.40	685	
U3	4.5	2.00	380	0.48	1937	
U4	5.0	2.00	400	0.45	1325	
U5	15.0	2.00	550	0.45	1825	
U6	∞	2.10	650	0.45	2155	
$V_{s30} = 400$ m/s						

5. Considerazioni finali

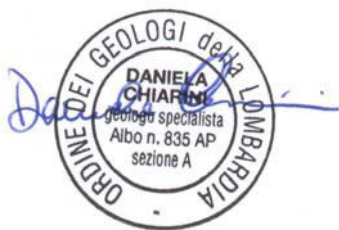
Sulla base dei risultati delle indagini sopra descritte è possibile assegnare a ciascun sito la corrispondente categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC 14-01-2008 ed applicare la procedura di valutazione dei fenomeni di amplificazione sismica di livello 2 contenuta nell'allegato 5 dei criteri regionali di cui alla D.G.R. 22 dicembre 2005, n. VIII/1566 “Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T., in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 12/2005” ed aggiornati con DGR 28 maggio 2008 n. VIII/7374.

In sintesi in riferimento al piano campagna e a condizioni di free field si definiscono i siti ST1 e ST3 appartenenti alla *CATEGORIA DI SOTTOSUOLO B*, mentre il sito ST2 appartenente alla *CATEGORIA DI SOTTOSUOLO C*.

Per il sito ST1 l'applicazione della procedura di livello 2 ai sensi dei criteri regionali potrà utilizzare come valori di Vs quelli mediati nell'intervallo di ciascuna unità geofisica (validi per l'intera area investigata), oppure quelli sperimentali ottenuti direttamente dall'indagine di sismica a rifrazione in corrispondenza di ciascun punto di energizzazione (validi per analisi puntuali sulle 5 verticali di energizzazione di ciascun stendimento sismico) o quelli ottenuti indirettamente dal processo di inversione eseguito sui dati masw.

I dati contenuti nel modello geofisico sismico generale sopra riportato, valido per il sito ST1, permettono, integrandoli con parametri geotecnici di laboratorio descriventi il comportamento dei materiali sotto carichi ciclici e dinamici, di effettuare analisi sismiche di 3° livello mediante modellazioni numeriche della risposta sismica locale.

Dr. Geol. Daniela Chiarini



Dr. Geol. Massimo Compagnoni



Dr. Geol. Alberto Peruzzini



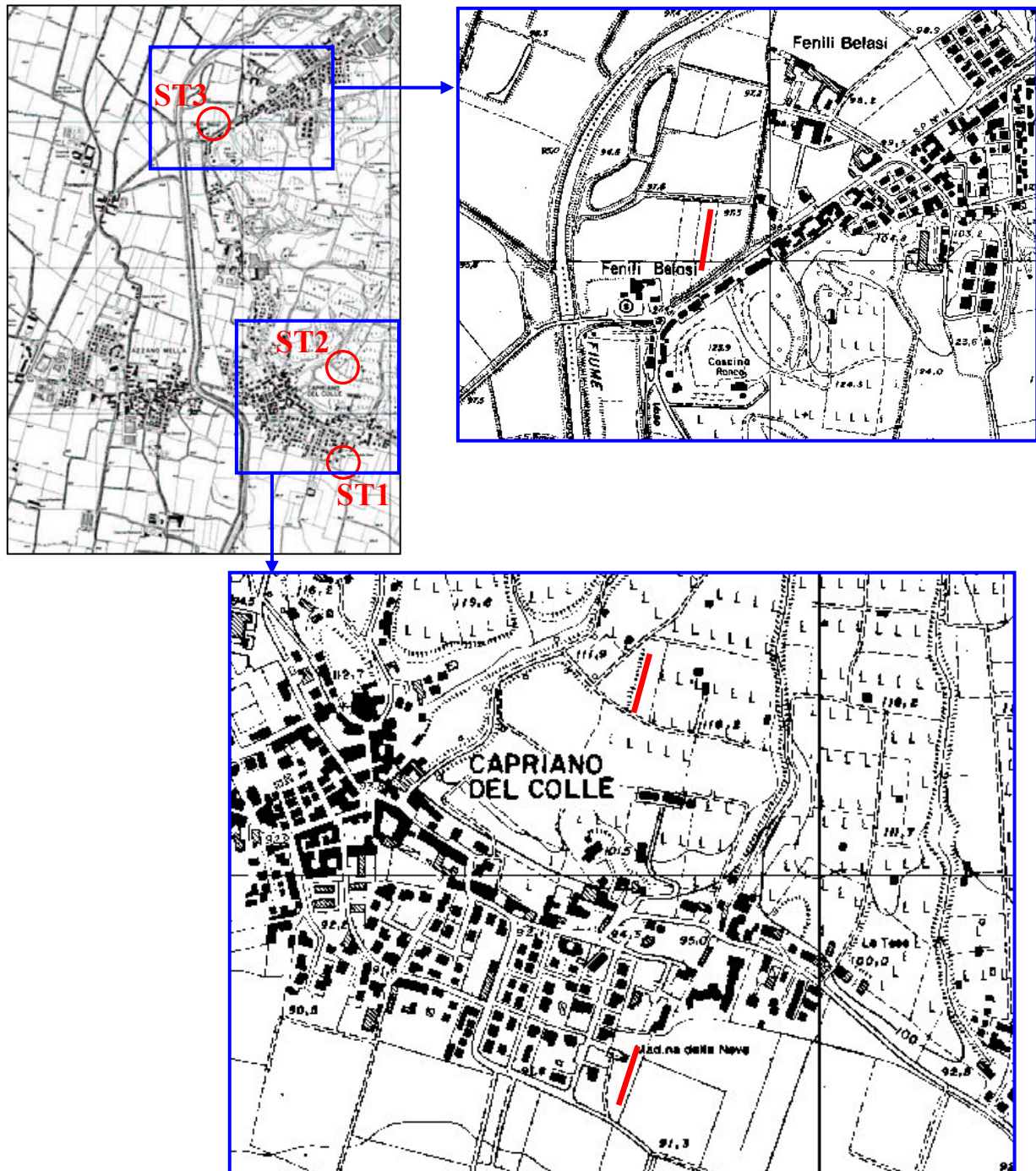
ALLEGATI

1. Ubicazione stendimenti sismici
2. Sismogramma multishots ed alcuni sismogrammi di singoli shot–acquisizione onde P– sito ST1
3. Sismogramma multishots ed alcuni sismogrammi di singoli shot–acquisizione onde SH–sito ST1
4. Sismogramma multishots ed alcuni sismogrammi di singoli shot–acquisizione onde P– sito ST2
5. Sismogramma multishots ed alcuni sismogrammi di singoli shot–acquisizione onde P– sito ST3

ALLEGATO n. 1

Ubicazione stendimenti sismici

INQUADRAMENTO DELL'INDAGINE SISMICA – non in scala



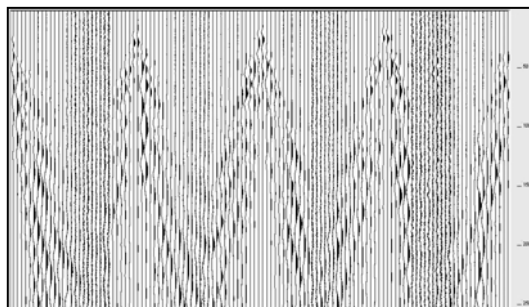
— Orientamento stendimento

○ Area di indagine

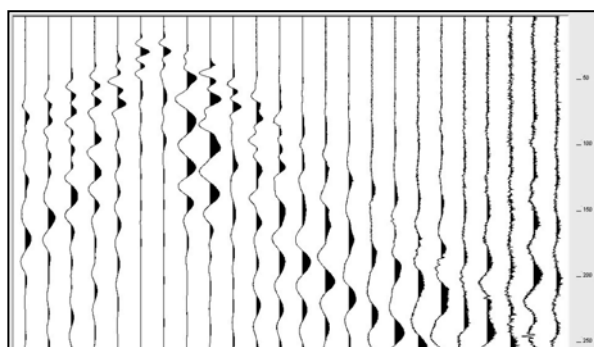
NORD

ALLEGATO n. 2

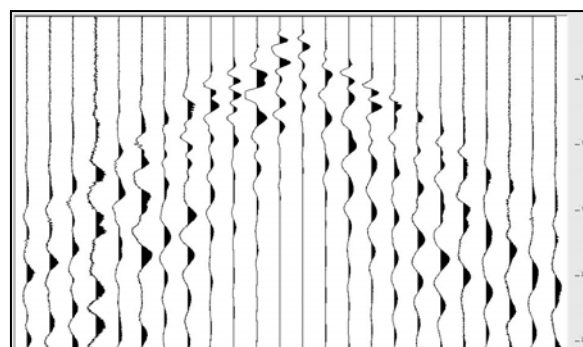
Sismogramma multishots acquisito in ONDE P, esempio di sismogramma singolo shot e relativa tabella dei tempi di primo arrivo:



Sismogramma multishots



Sismogramma shot intermedio S2

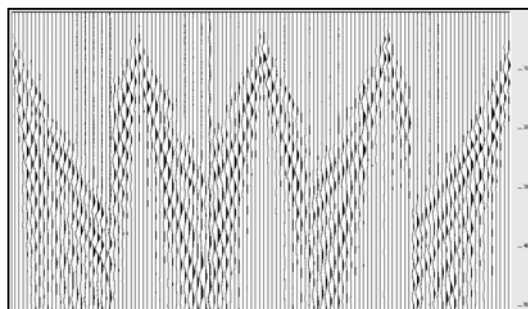


Sismogramma shot centrale S3

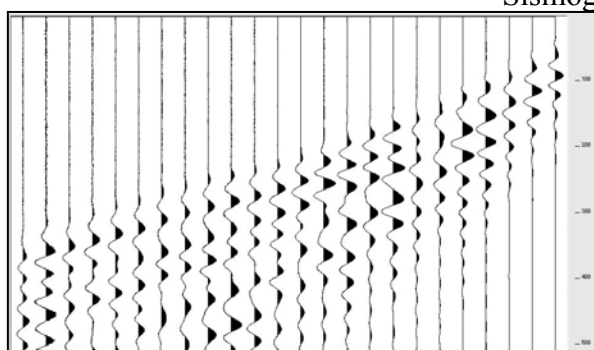
<i>N° shot</i>			<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Distanza relativa (m)</i>			0.0	32.5	62.5	92.5	125.0
<i>Quota relativa (m)</i>			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Geofono</i>	<i>Distanza relativa (m)</i>	<i>Quota relativa (m)</i>	<i>Tempi del primo arrivo per ciascun shot (ms)</i>				
			<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>1</i>	5.0	0.0	13.7	41.7	60.4	77.9	95.4
<i>2</i>	10.0	0.0	23.0	40.0	58.6	75.6	92.5
<i>3</i>	15.0	0.0	32.4	36.5	56.3	73.2	90.2
<i>4</i>	20.0	0.0	37.0	29.4	52.8	70.3	87.8
<i>5</i>	25.0	0.0	40.5	19.5	49.3	65.1	84.9
<i>6</i>	30.0	0.0	43.5	6.7	46.4	62.7	82.0
<i>7</i>	35.0	0.0	45.2	6.1	41.7	59.8	79.7
<i>8</i>	40.0	0.0	47.0	17.8	37.6	58.1	77.3
<i>9</i>	45.0	0.0	49.9	27.7	33.5	53.4	73.2
<i>10</i>	50.0	0.0	54.6	34.1	27.7	51.0	70.3
<i>11</i>	55.0	0.0	56.3	36.5	18.4	47.5	66.2
<i>12</i>	60.0	0.0	59.2	40.0	7.3	43.5	63.9
<i>13</i>	65.0	0.0	62.7	44.0	5.5	40.0	61.0
<i>14</i>	70.0	0.0	66.8	48.1	18.4	37.6	56.3
<i>15</i>	75.0	0.0	69.7	51.6	28.9	34.1	53.4
<i>16</i>	80.0	0.0	73.8	54.6	35.3	27.1	49.9
<i>17</i>	85.0	0.0	75.6	58.1	38.2	17.2	47.5
<i>18</i>	90.0	0.0	78.5	61.0	42.3	6.7	44.6
<i>19</i>	95.0	0.0	80.2	63.3	44.6	6.7	41.7
<i>20</i>	100.0	0.0	83.2	65.1	49.3	18.4	38.8
<i>21</i>	105.0	0.0	84.9	68.0	52.2	27.7	35.9
<i>22</i>	110.0	0.0	87.8	69.2	55.7	33.5	32.9
<i>23</i>	115.0	0.0	90.2	70.3	58.1	37.0	23.6
<i>24</i>	120.0	0.0	93.7	72.7	59.8	41.7	13.7

ALLEGATO n. 3

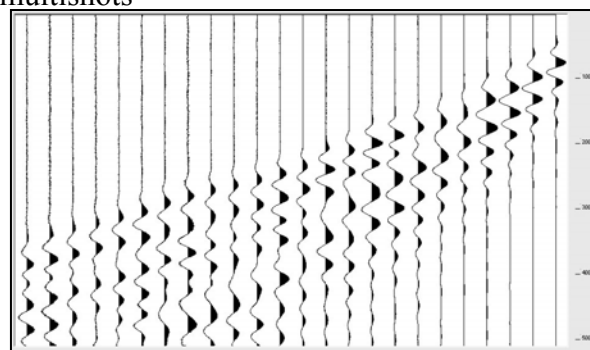
Sismogramma multishots acquisito in ONDE SH, esempio di sismogramma singolo shot a polarità diretta ed inversa e relativa tabella dei tempi di primo arrivo:



Sismogramma multishots



Sismogramma shot esterno S5 – polarità diretta



Sismogramma shot esterno S5 – polarità inversa

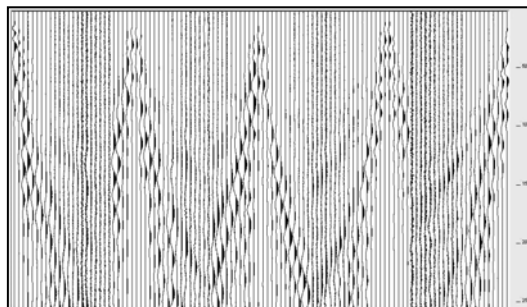
<i>N° shot</i>			<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Distanza relativa (m)</i>			0.0	32.5	62.5	92.5	125.0
<i>Quota relativa (m)</i>			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Geofono</i>	<i>Distanza relativa (m)</i>	<i>Quota relativa (m)</i>	<i>Tempi del primo arrivo per ciascun shot (ms)</i>				
			<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>1</i>	5.0	0.0	33.2	106.0	176.6	218.1	278.7
<i>2</i>	10.0	0.0	48.4	87.0	165.7	210.1	274.9
<i>3</i>	15.0	0.0	65.9	72.5	152.6	203.6	267.5
<i>4</i>	20.0	0.0	81.1	60.1	140.2	196.3	263.7
<i>5</i>	25.0	0.0	96.3	43.7	126.4	186.1	258.1
<i>6</i>	30.0	0.0	110.3	26.2	117.6	173.0	250.9
<i>7</i>	35.0	0.0	119.6	25.0	103.1	162.0	242.9
<i>8</i>	40.0	0.0	127.8	41.4	89.2	151.1	231.2
<i>9</i>	45.0	0.0	137.1	59.4	75.4	143.8	224.7
<i>10</i>	50.0	0.0	151.1	70.6	62.3	135.8	213.8
<i>11</i>	55.0	0.0	165.2	92.1	43.7	126.4	199.9
<i>12</i>	60.0	0.0	178.1	105.6	26.2	117.6	191.9
<i>13</i>	65.0	0.0	186.1	115.4	22.7	105.6	178.0
<i>14</i>	70.0	0.0	195.5	125.6	44.9	90.4	171.5
<i>15</i>	75.0	0.0	202.5	135.1	60.1	71.7	160.5
<i>16</i>	80.0	0.0	211.9	144.6	79.7	55.4	151.8
<i>17</i>	85.0	0.0	218.9	162.0	98.6	40.2	145.3
<i>18</i>	90.0	0.0	225.4	171.5	109.1	23.9	124.9
<i>19</i>	95.0	0.0	234.1	178.1	122.0	23.9	116.1
<i>20</i>	100.0	0.0	242.9	189.7	132.9	41.4	103.3
<i>21</i>	105.0	0.0	248.7	194.8	139.5	54.2	79.9
<i>22</i>	110.0	0.0	256.7	200.6	151.8	71.7	63.0
<i>23</i>	115.0	0.0	260.4	209.4	162.8	92.8	47.7
<i>24</i>	120.0	0.0	-	-	173.7	106.8	32.4

“-“

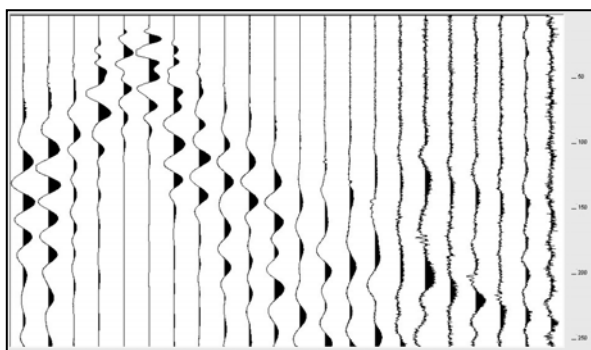
indica che la traccia sismica ha un rapporto S/N troppo basso per fornire informazioni sufficientemente attendibili

ALLEGATO n. 4

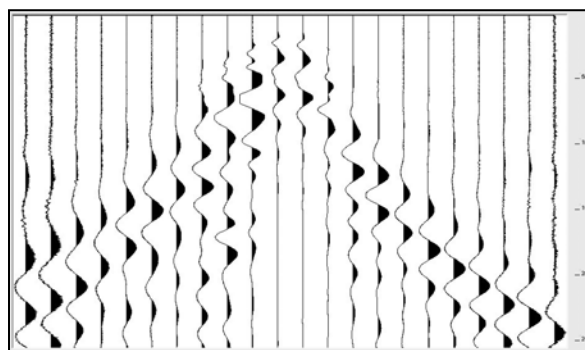
Sismogramma multishots acquisito in ONDE P, esempio di sismogramma singolo shot e relativa tabella dei tempi di primo arrivo:



Sismogramma multishots



Sismogramma shot intermedio S2



Sismogramma shot centrale S3

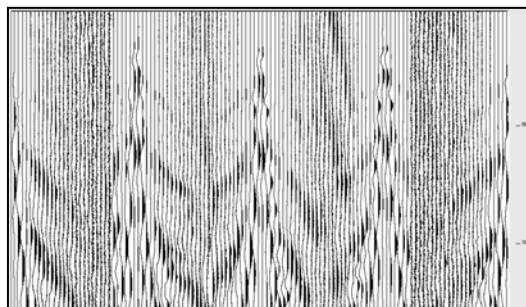
<i>N° shot</i>			<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Distanza relativa (m)</i>			0.0	27.5	57.5	87.5	115.0
<i>Quota relativa (m)</i>			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Geofono</i>	<i>Distanza relativa (m)</i>	<i>Quota relativa (m)</i>	<i>Tempi del primo arrivo per ciascun shot (ms)</i>				
			<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>1</i>	5.0	0.0	6.60	36.40	-	-	-
<i>2</i>	10.0	0.0	12.70	29.30	-	-	-
<i>3</i>	15.0	0.0	19.40	22.80	-	-	-
<i>4</i>	20.0	0.0	27.20	16.40	61.40	-	-
<i>5</i>	25.0	0.0	33.00	7.30	56.70	-	-
<i>6</i>	30.0	0.0	39.70	7.30	49.90	-	-
<i>7</i>	35.0	0.0	45.80	16.40	39.70	-	-
<i>8</i>	40.0	0.0	51.60	24.50	31.60	73.60	-
<i>9</i>	45.0	0.0	56.30	32.00	24.90	67.20	-
<i>10</i>	50.0	0.0	60.10	38.10	18.10	62.80	-
<i>11</i>	55.0	0.0	-	45.80	6.60	55.30	-
<i>12</i>	60.0	0.0	-	53.30	6.90	48.50	-
<i>13</i>	65.0	0.0	-	58.70	21.80	37.00	78.70
<i>14</i>	70.0	0.0	-	63.10	28.20	29.90	71.90
<i>15</i>	75.0	0.0	-	-	35.00	22.80	66.80
<i>16</i>	80.0	0.0	-	-	45.80	14.70	61.70
<i>17</i>	85.0	0.0	-	-	54.30	7.30	55.30
<i>18</i>	90.0	0.0	-	-	61.10	7.30	44.80
<i>19</i>	95.0	0.0	-	-	65.80	14.40	37.40
<i>20</i>	100.0	0.0	-	-	-	21.10	30.30
<i>21</i>	105.0	0.0	-	-	-	29.60	20.50
<i>22</i>	110.0	0.0	-	-	-	39.70	12.00

“-“

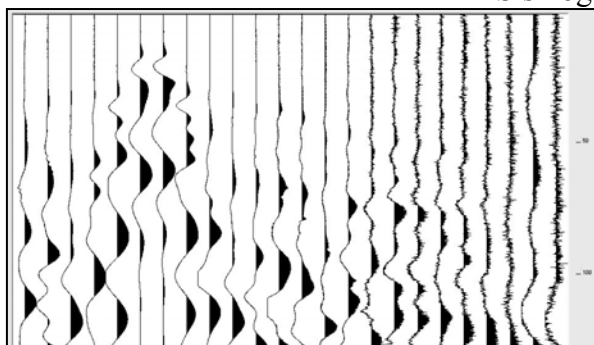
indica che la traccia sismica ha un rapporto S/N troppo basso per fornire informazioni sufficientemente attendibili

ALLEGATO n. 5

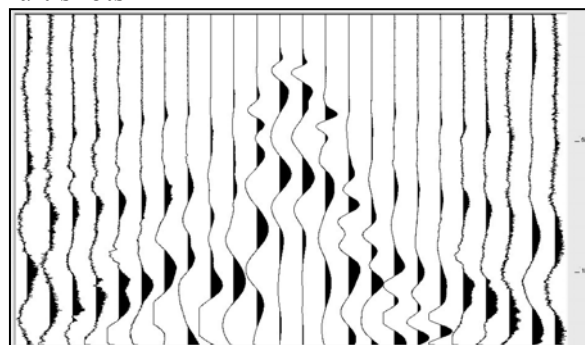
Sismogramma multishots acquisito in ONDE P, esempio di sismogramma singolo shot e relativa tabella dei tempi di primo arrivo:



Sismogramma multishots



Sismogramma shot intermedio S2



Sismogramma shot centrale S3

N° shot			1	2	3	4	5
Distanza relativa (m)			0.0	26.0	50.0	74.0	100.0
Quota relativa (m)			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Geofono	Distanza relativa (m)	Quota relativa (m)	Tempi del primo arrivo per ciascun shot (ms)				
			1	2	3	4	5
1	4.0	0.0	12.10	31.29	-	-	-
2	8.0	0.0	22.60	29.60	44.20	-	-
3	12.0	0.0	26.79	27.79	41.79	-	-
4	16.0	0.0	28.89	25.70	40.40	-	-
5	20.0	0.0	30.60	17.70	38.29	-	-
6	24.0	0.0	33.79	5.80	35.90	-	-
7	28.0	0.0	35.50	5.50	34.50	-	-
8	32.0	0.0	37.20	17.70	32.70	-	-
9	36.0	0.0	41.09	27.10	30.60	-	-
10	40.0	0.0	42.50	29.20	27.10	-	-
11	44.0	0.0	-	31.00	17.70	37.50	-
12	48.0	0.0	-	32.70	6.19	34.70	-
13	52.0	0.0	-	35.90	5.80	31.90	48.09
14	56.0	0.0	-	37.20	17.70	30.29	45.29
15	60.0	0.0	-	41.40	28.20	29.20	41.79
16	64.0	0.0	-	43.20	31.29	24.29	40.40
17	68.0	0.0	-	46.29	33.79	18.10	39.70
18	72.0	0.0	-	47.00	35.90	5.50	36.59
19	76.0	0.0	-	49.09	36.59	6.50	35.50
20	80.0	0.0	-	50.90	39.00	18.10	32.40
21	84.0	0.0	-	-	40.70	25.00	29.89
22	88.0	0.0	-	-	43.50	28.60	28.20
23	92.0	0.0	-	-	-	30.50	23.60
24	96.0	0.0	-	-	-	32.40	12.50

“-”

indica che la traccia sismica ha un rapporto S/N troppo basso per fornire informazioni sufficientemente attendibili