

STUDIO DI
GEOLOGIA
TECNICA ED
AMBIENTALE

ROSANNA
LENTINI

Comune di LONATO D/G

Provincia di BRESCIA

**PIANO DI LOTTIZZAZIONE COMMERCIALE TIRACOLLO UNO- 2019
IN LOC. CAMPAGNOLI, VIA TIRACOLLO
(Mappali 543-544, Fg. 47)**

RELAZIONE GEOLOGICA AI SENSI DEL D.M. 17/01/2018 E DELLA D.G.R. IX/2616/2011

(Relazione R3 ai sensi della L.R. 33/2015 e della D.G.R. X/5001/2016)

- RIFERIMENTI PROGETTUALI E NORMATIVI
- COMPATIBILITA' DELL'INTERVENTO DI PROGETTO CON LE RISULTANZE DELLO STUDIO GEOLOGICO E CON LE NORMATIVE GEOLOGICHE DI FATTIBILITA', DI VINCOLO E PERICOLOSITA' SISMICA

RELAZIONE GEOLOGICA AI SENSI DEL D.M. 17/01/2018

(Relazione R1 ai sensi della L.R. 33/2015 e della D.G.R. X/5001/2016)

- CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO
- SISMICITA'
- INDAGINI GEOGNOSTICHE
- MODELLO IDROGEOLOGICO, GEOLOGICO-GEOTECNICO-GEOFISICO
- RISPOSTA SISMICA DEL SITO

RELAZIONE GEOTECNICA AI SENSI DEL D.M. 17/01/2018

- PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO
- ELEMENTI PER LE VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

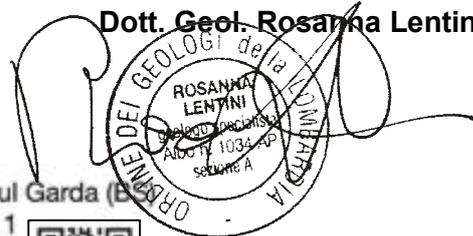
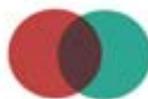
- IN OSSERVANZA DEL PAR. 9.2.4. DELLE N.T.A DEL P.G.T. COMUNALE

Committente: *IPER Montebello S.p.a.*

Padenghe sul Garda, Giugno 2019

Il Tecnico

Dott. Geol. Rosanna Lentini



Sede operativa: Via Verdi , 9 – 25080 Padenghe sul Garda (BS)
Tel/Fax 030 9914222 - cell. 3396012311

E-mail: info@lentinirosannageologia.it
Sito Web: www.lentinirosannageologia.it



INDICE

1	PREMESSA – Riferimenti progettuali e Normativi	3
2	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO.....	11
2.1	Inquadramento Geologico	11
2.2	Inquadramento strutturale	14
2.3	Assetto geologico locale - Successione stratigrafica	14
2.4	Assetto Geomorfologico locale	16
2.5	Idrografia	17
2.6	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO - Approfondimento relativo agli aspetti idrogeologici	18
3	SISMICITA'	24
3.1	Sismicità storica.....	29
3.2	Sismicità recente	40
3.3	Normative Sismiche – Valori di a_g	43
4	CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA- Approfondimento sulle caratteristiche Geotecniche dei terreni.....	47
4.1	Sondaggi a carotaggio continuo- <i>Campagna di indagine 2008</i> (Co. Im. S.r.l.).....	47
4.2	Prova di permeabilità in situ.....	48
4.3	Scavi esplorativi.....	48
4.4	Interpretazione dati derivanti dalla campagna di indagine - Agosto 2008	49
4.5	Indagini sismiche.....	51
4.6	Altri Dati- Indagini geognostiche “Centro Commerciale “Il Leone” - 2001	63
5	MODELLO GEOTECNICO – GEOFISICO.....	66
6	RISPOSTA SISMICA DEL SITO	70
6.1	Categoria di Sottosuolo e Categoria Topografica	71
6.2	Pericolosità Sismica del Sito – Parametri sismici di riferimento	74
6.3	Amplificazione Stratigrafica (S_s) e Topografica (S_t)	76
6.4	Stabilità del sito nei confronti della liquefazione – Esclusione della verifica a liquefazione ai sensi del D.M. 17/01/18	77
7	INTERVENTO DI PROGETTO- PROBLEMATICHE REALIZZATIVE- PRESCRIZIONI	81
7.1	Interventi di mitigazione correlati alla vulnerabilità idrogeologica	85





Phd. Geol. Rosanna Lentini
Dott. Geol. Damiano Scalvini
Dott. Geol. Elisa Lancini
Dott. Geol. Mirko Braiato
Dott. Geol. Nicoletta Palazzi

8	ELEMENTI PER LE VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI	86
8.1	Parametri geotecnici di progetto – SETTORE NW del capannone - Fondazioni Dirette.....	86
8.2	Parametri geotecnici di progetto – Fondazioni PROFONDE.....	87
8.3	Fondazioni superficiali – solo SETTORE NW.....	88
8.4	Fondazioni profonde	92
9	OPERAZIONI DI SCAVO	93
9.1	Modalità esecutive/prescrizioni degli scavi in condizioni di sicurezza	93
9.2	Massicciata di sottofondo della pavimentazione entro l’ambito della fossa di escavazione	93
9.3	Linee guida generali di utilizzo del materiale escavato	94
10	SUPPLEMENTO DI INDAGINE RICHIESTO	101
11	COMPATIBILITA’ DELL’INTERVENTO DI PROGETTO CON LE RISULTANZE DELLO STUDIO GEOLOGICO E CON LE NORMATIVE GEOLOGICHE DI FATTIBILITA’, DI VINCOLO E DI PERICOLOSITA’ SISMICA - CONCLUSIONI	102



1 PREMESSA – Riferimenti progettuali e Normativi

A seguito dei colloqui intercorsi con l'Arch. Flavia Visconti e su incarico di IPER Montebello S.p.a. è stato eseguito uno studio geologico-geotecnico nell'ambito del progetto "Piano di lottizzazione commerciale Tiracollo UNO- 2019" in Loc. Campagnoli, via Tiracollo in territorio comunale di Lonato d/G (BS).

La stessa area era già stata oggetto di una campagna d'indagine e di uno studio geologico-geotecnico, fornitici dallo Studio di Architettura F.G.I. Visconti e redatto dal Dott. Geol. Giorgio Crestana nel Settembre 2008 per il progetto di "Realizzazione di un nuovo capannone in Loc. Campagnoli".

Nel D.M. 14/01/2008, nel D.M 17/01/2018 e nell'**Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 27/04/2006** il Comune di Lonato del Garda è stato classificato in zona sismica 2 ed in particolare nella sottozona con valori di a_g compresi tra 0.150 e 0.175 (accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni). L'Ordinanza P.C.M. 3274/2003 includeva il territorio comunale di Lonato del Garda in zona sismica 3; la Regione Lombardia con **D.G.R. X/2129 del 11/07/14** ha approvato un "**Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia** (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)", che recepisce definitivamente ed anche dal punto di vista amministrativo, la classificazione dell'OPCM 3519/2006 e che, sulla base della successiva D.G.R. 8 ottobre 2015 - n. X/4144, è entrato in vigore a partire dal 10 Aprile 2016.

E' stata pertanto confermata per il Comune di Lonato d/G (BS) la zona sismica 2 con valore di a_{gmax} 0.15926 anche a livello regionale e pertanto ai fini pianificatori/amministrativi. Ciò ha di fatto sanato una difformità di classificazione nazionale/regionale che creava non pochi problemi tecnico-progettuali.

La recente **L.R. 33 del 12/10/2015** definisce le "**Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche**" e di fatto trasferisce ai comuni, singoli o associati, numerose funzioni prima assegnate alla Regione (di cui agli art. 61, 90 comma 2, 93 comma 1, 94 comma 1, 96, 97, 99, 100 e 104 del D.P.R. 380/2001) ed in particolare inerenti le "**Norme per le costruzioni in zone sismiche**" e "**Vigilanza sulle costruzioni in zone sismiche**"; essa è definitivamente entrata in vigore con la pubblicazione della **D.G.R. 10/5001 del 30/03/2016** "**Approvazione delle Linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai Comuni in materia sismica (artt.3, comma 1 e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)**", sul B.U. di Regione Lombardia del 07 Aprile 2016.

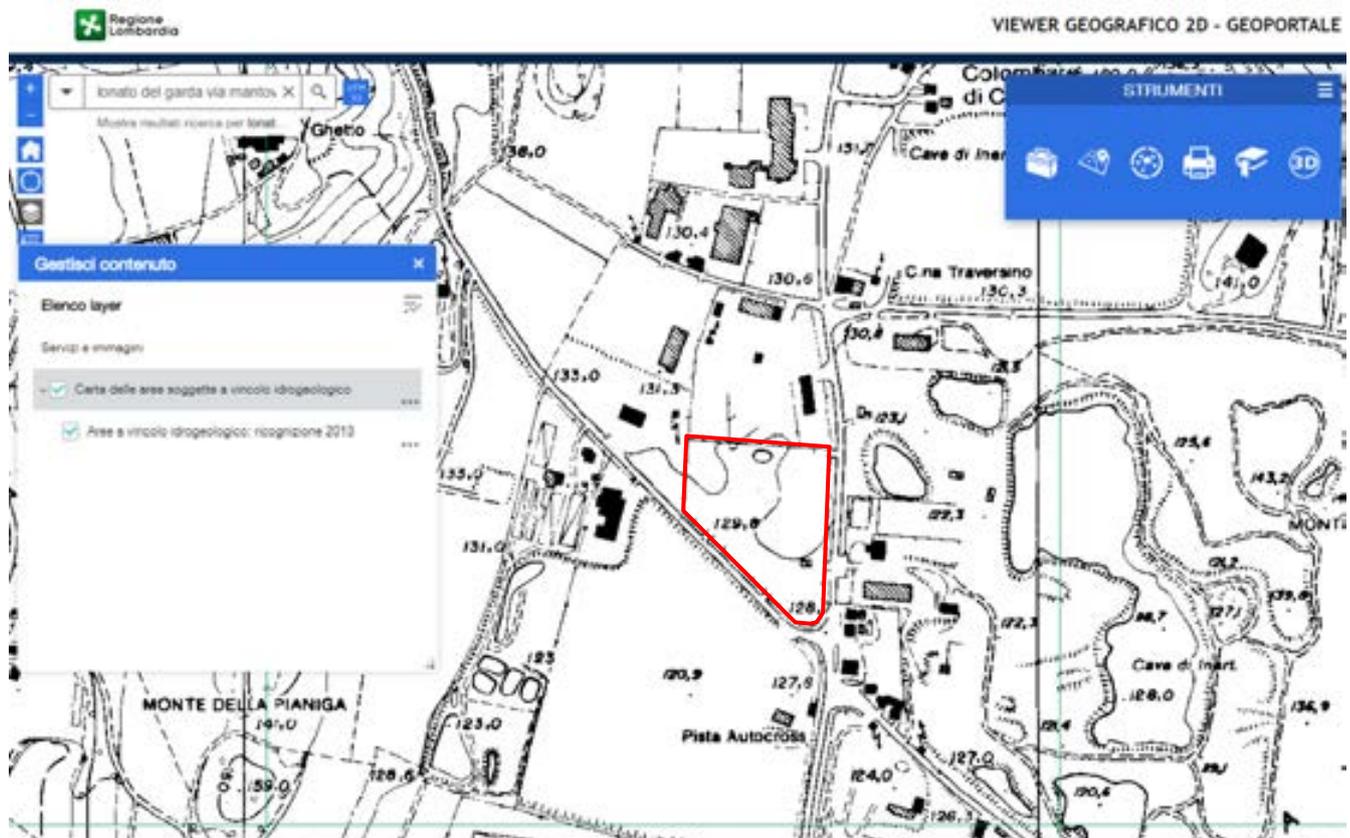
Ciò comporta, tra l'altro, specifiche prescrizioni nella redazione degli elaborati tecnici a corredo dei progetti e, in zona sismica 2, l'obbligo di acquisire l'**Autorizzazione Sismica di cui all'Art.8 comma 1 della L.R. 33/2015**, da rilasciare a carico dei Comuni o della Regione entro 60 gg dalla data di protocollo (fatto salvo il ricorso da parte del comune al parere regionale).

Si segnala infine l'entrata in vigore della **D.G.R. X/6738 del 19 Giugno 2017** "**Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza ai sensi dell'art.58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 Dicembre 2016 con deliberazione n.5 del comitato istituzionale di bacino del Fiume Po**", che integra la D.G.R. 9/2616/2011 con particolare riferimento all'introduzione del

nuovo Titolo V delle Norme di Attuazione (N.D.A.) del PAI ed alle disposizioni relative all'attuazione della variante normativa PAI nel settore urbanistico alla scala comunale. Tali disposizioni e le norme correlate sono vigenti a partire dalla data di pubblicazione della D.G.R. e pertanto dal 19 Giugno 2017.

Con l'entrata in vigore della L.R. 19 del 08/07/2014, che apporta sostanziali modifiche alla L.R. 31 del 05/12/2008 è divenuto a carico dei Comuni (commi 2 e 3 dell'Art. 44 della L.R. 31/2008 come modificato dalla L.R.19/2014), autorizzare la trasformazione d'uso del suolo dei terreni soggetti a vincolo idrogeologico di cui all'Art. 1 del R.D. 3267 del 30/12/1923, in conformità alle indicazioni ed alle informazioni idrogeologiche contenute negli studi geologici comunali, nei piani territoriali e nei piani forestali di cui all'art.47 della L.R.31/2008. In particolare, ai sensi del comma 2 Art. 44 della L.R. 31/2008 come modificato dalla L.R.19/2014, per i comuni dotati di piano di governo del territorio (PGT) i titoli abitativi edilizi devono essere provvisti di tale autorizzazione che va rilasciata previa verifica di conformità delle trasformazioni d'uso del suolo rispetto alla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT prevista dall'art. 57 comma 1 lettera b) della L.R. 12/2005.

L'area in esame risulta non inserita in aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico.



Estrate da: <https://www.cartografia.servizirl.it> - Geoportale - Provincia di Brescia

Dovrà pertanto essere predisposta, per la realizzazione del nuovo intervento di progetto e per lo svolgimento delle procedure e l'acquisizione dei necessari permessi normativi, una **relazione geologica-sismica**, in ottemperanza alle vigenti normative nazionali, alle norme comunali di fattibilità/vincolo/pericolosità sismica ed alle normative regionali e sovracomunali individuate per il sito di progetto (§6.1.2 e §6.2.1 NTC 2018; PGT vigente; D.G.R. 9/2616/2011 e D.G.R. 10/6738/2017)

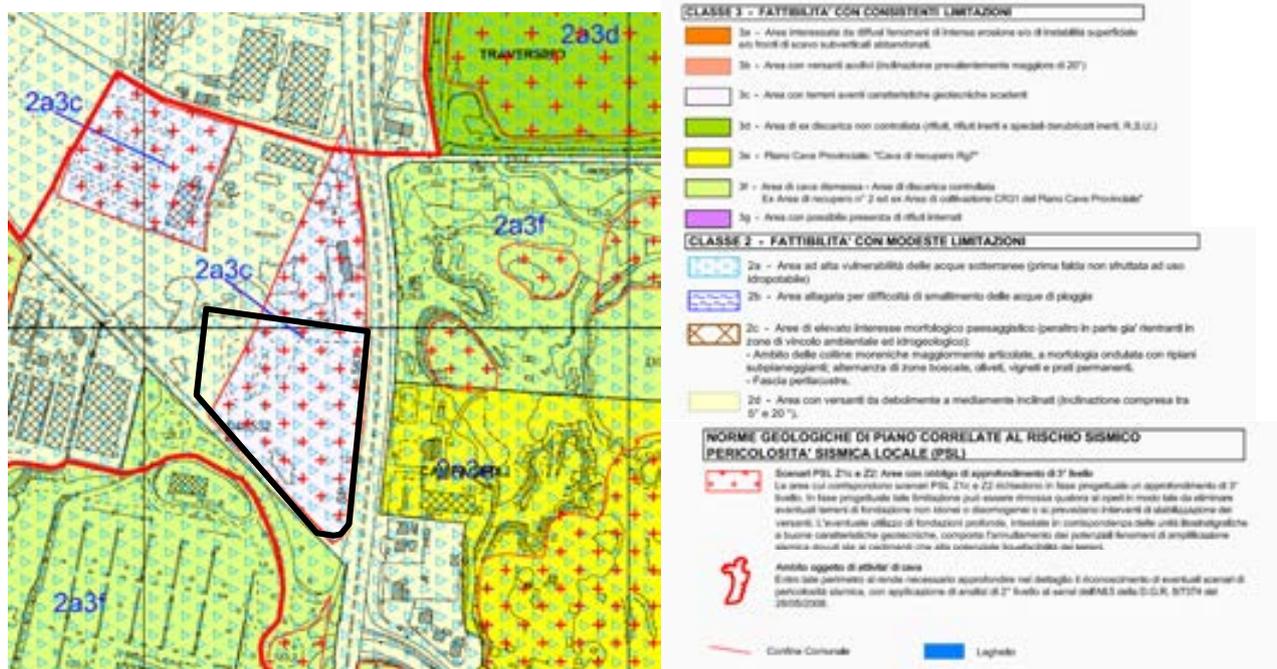
4

ed una **relazione geotecnica** in ottemperanza alle vigenti normative nazionali (§6.1.2 e §6.2.2 NTC 2018).

In relazione ad una **maggiore organicità nella trattazione delle tematiche geologiche-geotecniche e di pericolosità sismica** è stata predisposta un'**unica relazione** che sviluppa tutti i temi richiesti dalle normative vigenti come esemplificato nella copertina riepilogativa predisposta per il presente studio.

Pertanto, in ottemperanza alla D.G.R. 9/2616/2011, alla D.G.R. 10/6738/2017 ed alla D.G.R. 10/5001/2016 è stata presa preliminare visione della Classe di Fattibilità, di Vincolo e di Pericolosità Sismica vigenti per l'area di progetto in relazione alle Norme di PGT del territorio comunale di Lonato d/G, nonché delle aree di pericolosità e rischio individuate dal PGRA.

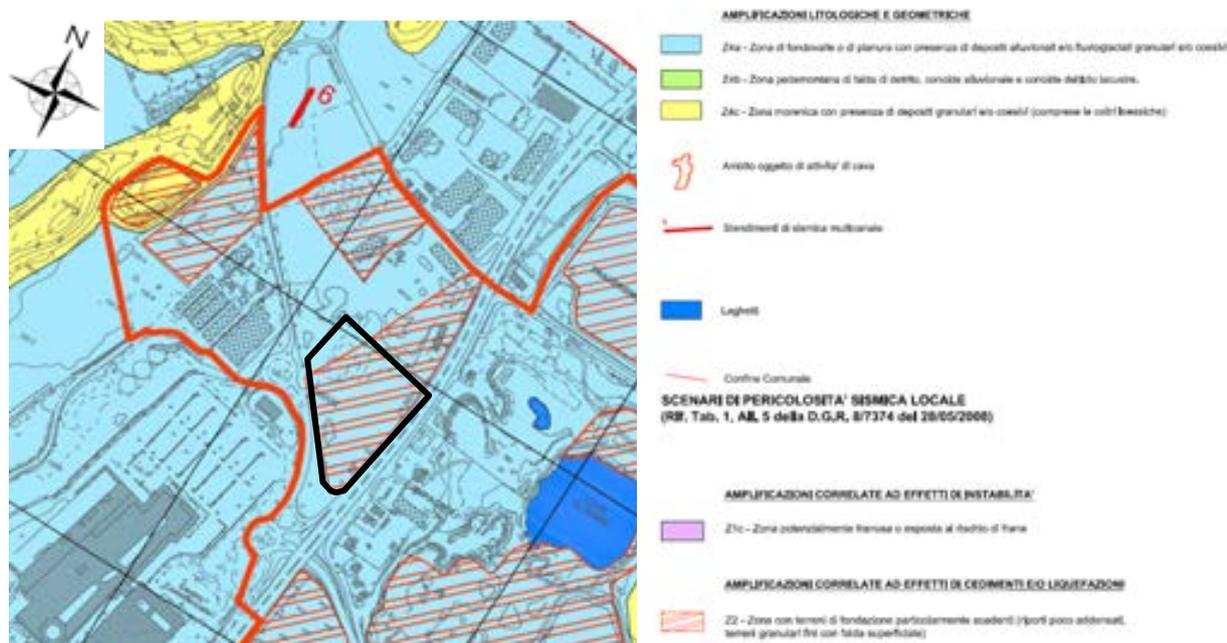
Il sito di progetto ricade tra le **Classi di Fattibilità Geologica 2a2d** presso l'area NW e **2a3c** per la restante proprietà (*Carta della Fattibilità Geologica per le azioni di piano - Tav. 14/B dello Studio Geologico per il Piano di Governo del Territorio - Dott. Geol. R. Lentini, Luglio 2009*) rispettivamente **con modeste limitazioni d'uso (2a2d)** definite come "Area ad alta vulnerabilità delle acque sotterranee (prima falda non sfruttata ad usi idropotabile); Area con versanti da debolmente a mediamente inclinati (inclinazione compresa tra 5° e 20°)" e **con modeste e consistenti limitazioni d'uso (2a3c)** definite come "Area ad alta vulnerabilità delle acque sotterranee (prima falda non sfruttata ad usi idropotabile); Area con terreni aventi caratteristiche scadenti".



Estratto da: Tav. 14/c "Carta della Fattibilità per l'applicazione delle norme geologiche di piano" – Dott. Geol. R. Lentini - Luglio 2009

Dal punto di vista della **Pericolosità Sismica Locale** l'area è stata classificata nello studio della *Componente Geologica Idrogeologica e Sismica del PGT (Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio "Carta di pericolosità sismica locale" Tav. 8 – Maggio 2010 - Dott. Geol. Rosanna Lentini)*, entro lo scenario di pericolosità sismica Z4a "Zona di fondovalle o di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi" per il quale vengono segnalati **valori di Fa di sito inferiori a quelli di "soglia" normativa** (vedi *Carta di fattibilità Geologica*) e quindi potenziali fenomeni di amplificazione sismica tali da rendere sufficiente l'utilizzo dei parametri sismici definiti in base alla normativa vigente (D.M. 17/01/2018); **non sono pertanto richiesti approfondimenti sismici per amplificazione litologica ai sensi della normativa regionale vigente.**

Presso la maggior parte dell'area è stata segnalata la presenza di **scenari di PSL Z2** "Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)" cui si correlano possibili fenomeni di amplificazione del sisma per cedimenti o liquefazione; **sono pertanto richiesti specifici approfondimenti sismici ai sensi della normativa regionale vigente.**

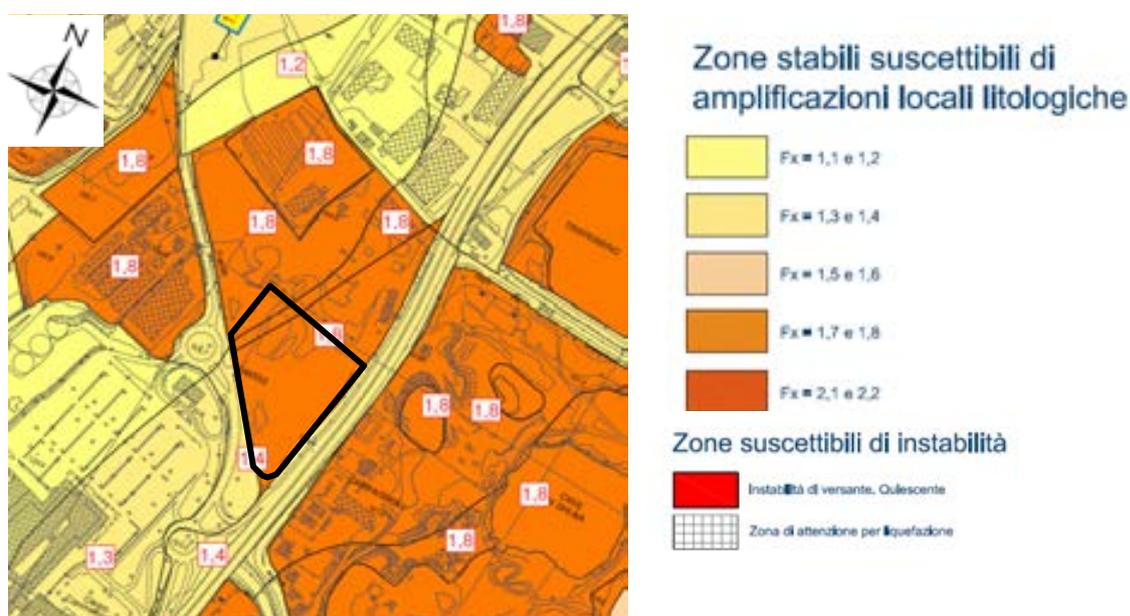


Estratto da: Tav. 8 "Carta di Pericolosità Sismica Locale" – Dott. Geol. R. Lentini – Maggio 2010

Il più recente *Studio di Microzonazione Sismica del territorio comunale di Lonato del Garda* (Dott. Geol. R. Lentini - Agosto 2015) già eseguito ai sensi della D.G.R. 9/2616/2011 prevede per l'area in esame i medesimi scenari di PSL individuati nel PGT vigente.

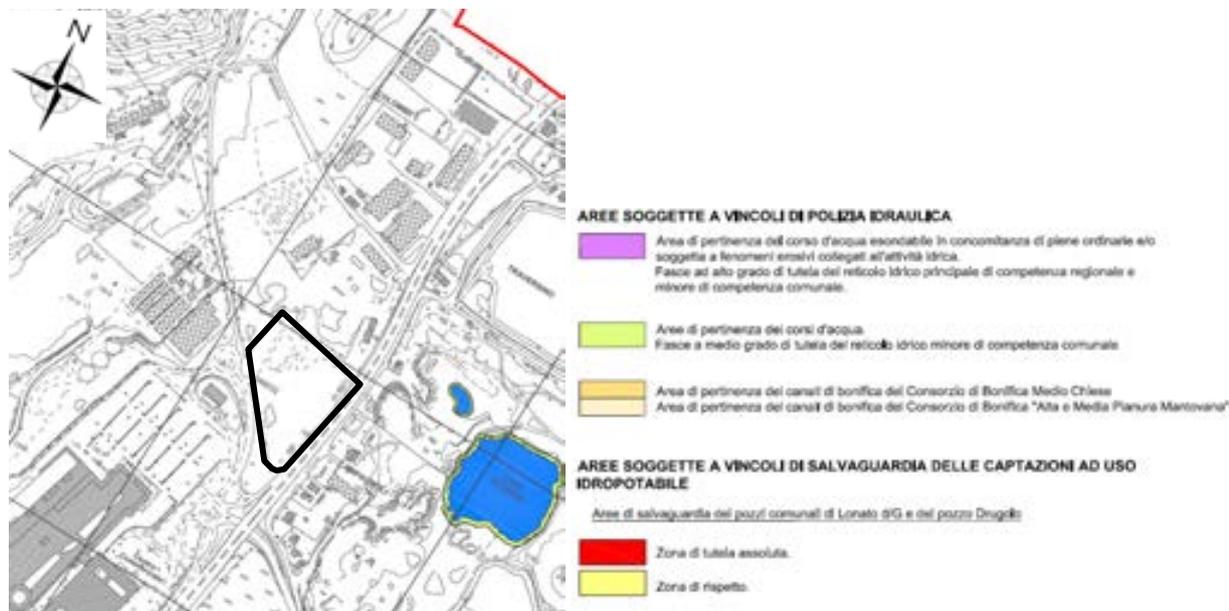
Tuttavia, sulla base delle indagini geofisiche esperite presso un'area ricadente entro lo stesso ambito del sito in esame, nello studio *MOPS - Dott. Geol. R. Lentini - Agosto 2015*, è stato localmente definito un valore di F_a di sito pari a 1,8 e pertanto con possibili valori di F_a di sito superiori a quelli di soglia comunale in caso di definizione di Categorie di sottosuolo B.

E' stato pertanto ritenuto opportuno eseguire, in maniera sito-specifica un approfondimento mediante analisi di 2° livello ai sensi dell'All. 5 della D.G.R. 9/2616 del 2011.



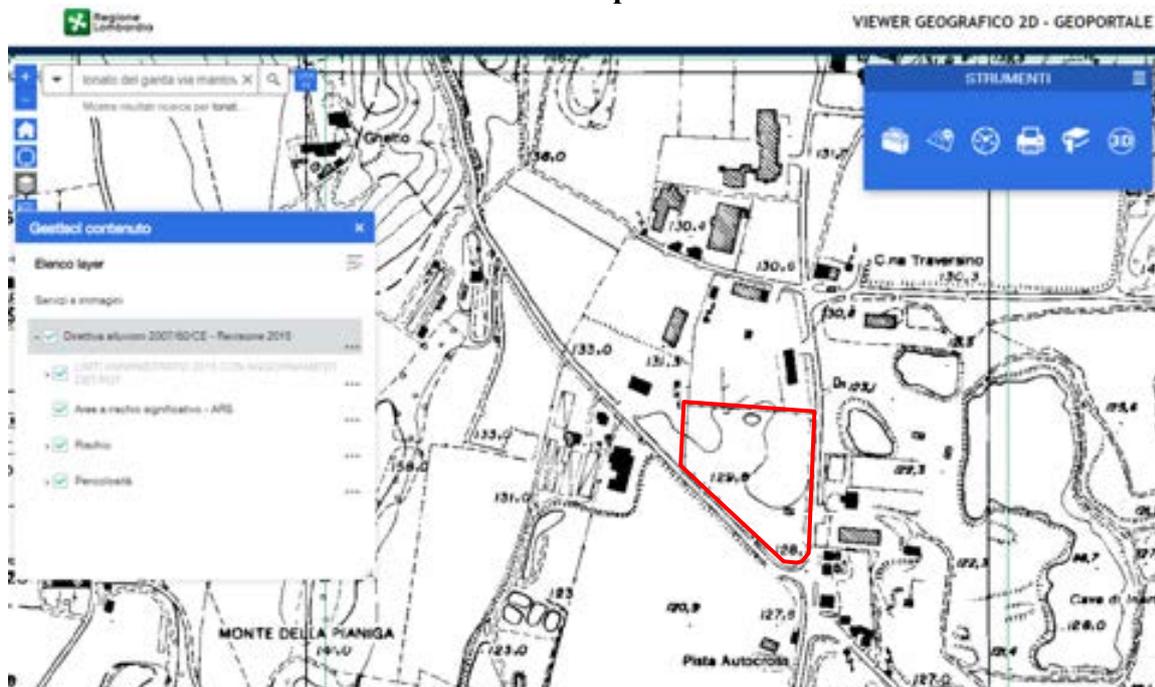
Estratto da: MOPS: "Carta di Microzonazione Sismica – Livello 2" – Dott. Geol. R. Lentini – Agosto 2015

Nello studio della *Componente Geologica Idrogeologica e Sismica del PGT* non si segnala la presenza, presso l'area d'interesse, di normative di vincolo geologico correlate agli elementi idrografici appartenenti al Reticolo Idrico Minore o ad altre problematiche geologiche-idrogeologiche-geomorfologiche (*Carta dei Vincoli esistenti* – Dott. Geol. R. Lentini – Maggio 2010).



Estratto da: Tav. 11 “Carta dei Vincoli esistenti” – Dott. Geol. R. Lentini – Maggio 2010

In adempimento alla D.G.R. X/6738/2017 nell'ambito del PGRA è stato verificato che le aree di interesse non risultano incluse entro **Aree PGRA a pericolosità e rischio alluvione**.



Stralcio da: https://www.cartografia.servizirl.it/direttiva_alluvioni-pericolosità/rischio - Viewer Geografico - Geoportale – Regione Lombardia

Tenuto conto di quanto sopra verificato relativamente alle Norme di PGT e sovracomunali vigenti, la **relazione geologica** sarà redatta sulla base di tutti i dati geognostici raccolti e con particolare riguardo alla valutazione del **Modello Geologico** (D.M. 17/01/18) e **Geofisico** (D.M. 16/01/96, Ord. 3274/2003, Ord. 3519/2006, D.M. 17/01/18, D.G.R. 9/2616/2011 e D.G.R. 10/5001/2016) del sito di progetto ed alla verifica della **compatibilità dell'intervento con le normative vigenti** ed all'individuazione **di eventuali prescrizioni/interventi necessari per la sua realizzazione**.

Essa prevedrà l'inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area nonché l'inquadramento della sismicità regionale e la determinazione dei parametri relativi alla Pericolosità Sismica di Sito (Categoria di sottosuolo-Categoria Topografica, Amplificazione Stratigrafica e Topografica, Parametri Sismici Normativi $-a_g$, F_0 e T_c^* - stimati per varie frequenze annuali di superamento, ecc.) con applicazione dei livelli di approfondimento richiesti dalla normativa regionale (D.G.R. 9/2616/2011 e D.G.R. 10/5001/2016), tenuto conto delle Norme di PGT vigenti.

Si prevede il rilascio del "Modulo 9 – Dichiarazione/Asseverazione della congruità della Relazione Geologica ai requisiti richiesti dal punto 6.2.1 delle NTC DM 17/01/18 e/o dalla D.G.R. 9/2616/2011".

La relazione geotecnica sarà redatta, **in via preliminare**, sulla base di tutti i dati raccolti e con particolare riguardo alla valutazione del **Modello Geotecnico** (D.M. 17/01/18) da assumere in progetto per la definizione della più idonea tipologia fondazionale e per il calcolo e le verifiche delle fondazioni e delle strutture.

SOLO IN CASO DI FONDAZIONI DIRETTE si prevede lo sviluppo di alcuni elementi geotecnici per le Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) ed agli Stati Limite di Esercizio (SLE) ed il rilascio del **"Modulo 10 – Dichiarazione/Asseverazione dell'Estensore della Relazione Geotecnica di congruità dei contenuti della Relazione Geotecnica ai requisiti richiesti dal punto 6.2.2 delle NTC DM 17/01/18"**.

In caso di Fondazioni Indirette si rimanda alle specifiche relazioni geotecniche, di calcolo e strutturali ed al Progettista incaricato per le specifiche verifiche e per il rilascio della modulistica finalizzata all'ottenimento delle Autorizzazioni Sismiche.

Dal punto di vista metodologico è stato dapprima eseguito il **rilievo geolitologico e geomorfologico** dell'area in oggetto e di quelle ad essa limitrofe.

Per la caratterizzazione geologica-geotecnica dei terreni, in adempimento alle norme di fattibilità geologica previste per la classe 2a2d e 2a3c e per gli scenari di PSL individuati sono stati utilizzati i dati derivanti dalla campagna d'indagine e dallo studio geologico fornito dalla Committenza e redatto nel Settembre 2008 per il progetto di *"Realizzazione di un nuovo capannone in Loc. Campagnoli"* dal Dott. Geol. Giorgio Crestana; essi comprendono **sondaggi a carotaggio continuo** con esecuzione di **prove SPT e prove di permeabilità in foro e scavi esplorativi**.

Per la caratterizzazione geofisica e per la valutazione delle velocità $V_{s_{eq}}$ di sito e la predisposizione di specifici approfondimenti sismici, sono stati acquisiti **nuovi dati geofisici** mediante **n° 1 stendimento di sismica attiva con analisi delle onde superficiali** e **n° 1 misura/registrazione di sismica passiva (tromografo) con stazione singola** ed elaborazione del modello geofisico mediante **analisi congiunta con metodologia MASW e HVSR** e quindi con maggiori vincoli interpretativi.

Tutte le indagini si sono svolte in ottemperanza alle normative di legge vigenti in materia secondo le *prescrizioni e gli oneri contenuti nelle raccomandazioni A.G.I. (1977)*.

Numerosi altri dati relativi alla natura litologica ed alle caratteristiche geotecniche e geofisiche dei terreni della zona derivano inoltre da vari studi geologici eseguiti dalla scrivente e corredati da indagini geognostiche presso contesti omologhi.

Sono stati inoltre consultati numerosi dati derivanti da indagini geognostiche precedenti condotte in prossimità del sito di intervento ed in contesti geologici omologhi del territorio di Lonato d/G, eseguiti dalla scrivente (vedi *Corografia con ubicazione di precedenti indagini* in allegato).

Si specifica che in adempimento alla normativa vigente (D.M. 17/01/18, D.G.R. 10/5001/2016) la presente relazione geologica può essere utilizzata solo per i siti indicati ed in riferimento ai progetti come definiti nelle tavole cartografiche e nei paragrafi illustrativi. Si diffida qualsiasi differente utilizzo, che sarà perseguibile a norma di legge.

Si allegano:

- Corografia con ubicazione di aree oggetto di precedente indagine (scala 1:10.000)
- Carta Geologica con elementi geomorfologici e idrografici (scala 1:5.000)
- Carta idrogeologica con ubicazione dei pozzi e della sezione idrogeologica (scala 1:10.000)
- Planimetria con ubicazione dei punti di indagine (scala 1:1.000)
- Estratti da *“Realizzazione di un nuovo capannone in Loc. Campagnoli”*, - Settembre 2008.
 - ✓ Stratigrafia Sondaggi
 - ✓ Stratigrafia scavi esplorativi
 - ✓ Schede prove di permeabilità
 - ✓ Allegato fotografico
 - ✓ Stratigrafie pozzi
- Estratti da indagini precedenti: *“c.c. Il Leone”*, 2001.
 - ✓ Stratigrafia Sondaggi



2 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

L'area oggetto d'intervento, identificata dai *mappali* 543-544 del *Fg. 47*, è ubicata in *Loc. Campagnoli, via Tiracollo* ad una quota compresa tra circa 130/131 m s.l.m.; essa è confinante a Est con la SS 567-Via Mantova che collega Desenzano del Garda (BS) a Castiglione delle Stiviere (MN) e a Sud con la viabilità di accesso al Leone – Via Tiracollo; essa ricade entro il polo artigianale-produttivo di Lonato del Garda e Desenzano del Garda.

Nella presente relazione viene fornito, sulla base di tutti i dati raccolti, un inquadramento geologico generale e vengono descritte le unità litologiche, presenti nell'area oggetto di intervento ed in un intorno significativo.

Lo studio delle caratteristiche geomorfologiche ed idrografiche del territorio d'interesse e delle caratteristiche geotecniche dei terreni, si è articolato mediante una prima fase di acquisizione dei dati reperibili in letteratura, tra cui lo studio della *Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT del Comune di Lonato d/G* (Dott. Geol. R. Lentini et Al., Luglio 2009 – Maggio 2010) e, in aggiunta, di quelli relativi a studi geologici ed indagini geognostiche eseguiti entro siti prossimi all'area di studio ed in contesti geologici omologhi del territorio di Lonato d/G, eseguiti dalla scrivente e/o derivanti dallo *Studio di Microzonazione Sismica* (Agosto 2015, Dott. Geol. R. Lentini).

In particolare si fa riferimento ai lavori eseguiti entro lo stesso sito durante la campagna d'indagine di *Agosto e Settembre 2008* per la redazione della relazione geologico-geotecnica "*Studio geologico per la realizzazione di un nuovo capannone in Loc. Campagnoli*", redatta dal Dott. Geol. G. Crestana.

Quindi si è proceduto alla fase di analisi mediante rilievi geomorfologici di campagna estesi per un intorno significativo rispetto all'area di progetto.

2.1 Inquadramento Geologico

Il territorio di Lonato d/G si colloca entro il **Basso Garda Bresciano**, che si estende tra le cerchie moreniche originate nel Quaternario, a seguito del ritiro dei ghiacciai alpini trasfuenti dalla Valle dell'Adige e del Chiese e canalizzati nel solco strutturale gardesano preesistente e con andamento giudicariense. Esso riveste inoltre un importante significato geologico e morfologico essendo inserito nell'anfiteatro morenico meglio rappresentato e più esteso d'Italia.

I **depositi glaciali di cordone**, degradanti verso il lago, costituiscono le cerchie più interne del Garda.

Nelle piane interposte tra i cordoni morenici principali sono per lo più presenti **depositi** connessi più propriamente agli scaricatori **fluvioglaciali** o ad ambiti di **contatto glaciale**, sovrastanti il substrato morenico più antico, costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie con frazione limoso-argillosa variabile. Possono essere frequentemente riscontrati livelli o lenti più francamente limoso-sabbioo-argilose.

Nelle piane più ristrette e/o intercluse possono essere riconosciuti **depositi glacio-lacustri e di depressione intermorenica**, rappresentati da terreni fini limoso-sabbiosi e limoso-argillosi, talora saturi e scarsamente addensati.

Nell'ambito dei depositi glaciali e fluvioglaciali, si riscontrano in ogni caso accentuate variazioni litologiche sia laterali che verticali.

In letteratura le cerchie più interne sono riferite per lo più alla fase glaciale *Würmiana* mentre quelle



più esterne sono attribuite al *Riss*, anche se non esiste uniformità di classificazione delle cerchie moreniche alle singole glaciazioni da parte dei diversi Autori.

Va in ogni caso sottolineato come possano essere distinte oscillazioni del ghiacciaio di ordine minore nell'ambito delle singole fasi *Würm* e *Riss* sia per i periodi glaciali che per quelli interglaciali.

Un punto di riferimento e/o di partenza per la cartografia geologica relativa a questo settore è la *“Carta Geologica dell’anfiteatro morenico del Garda – Tratto occidentale”*, redatta da Venzo nel 1957; studi stratigrafici recenti (*“Paleosols and vetusols in the central Po plain -Northern Italy- a study in quaternary Geology and Soil Development”*; Cremaschi M., Ed. Unicopli, Milano, 1987) forniscono nuovi spunti nell’attribuzione dei depositi morenici e fluvioglaciali affioranti nell’area gardesana.



Fig. 17 - Fase morenica di Fata

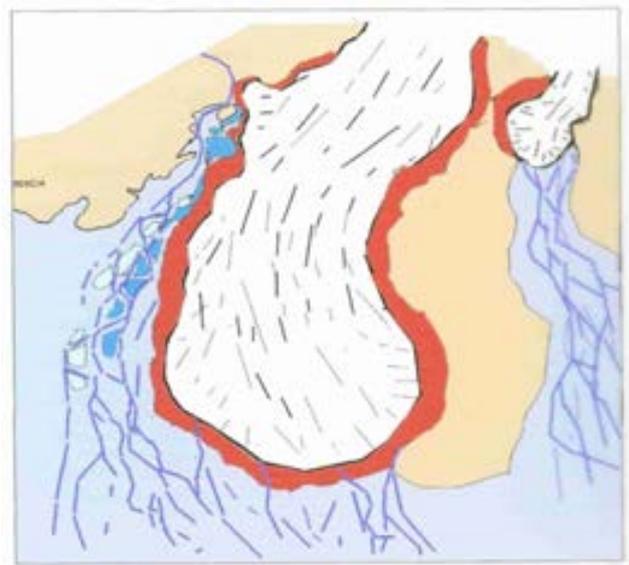


Fig. 19 - Fase morenica di Carpenedolo

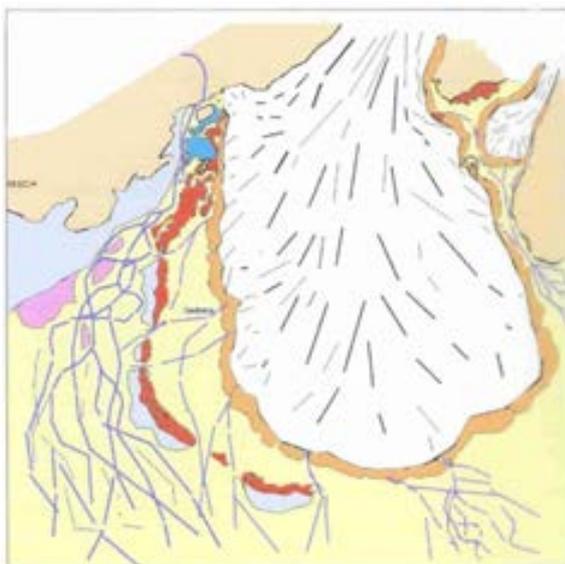


Fig. 20 - Fase morenica di Sedina

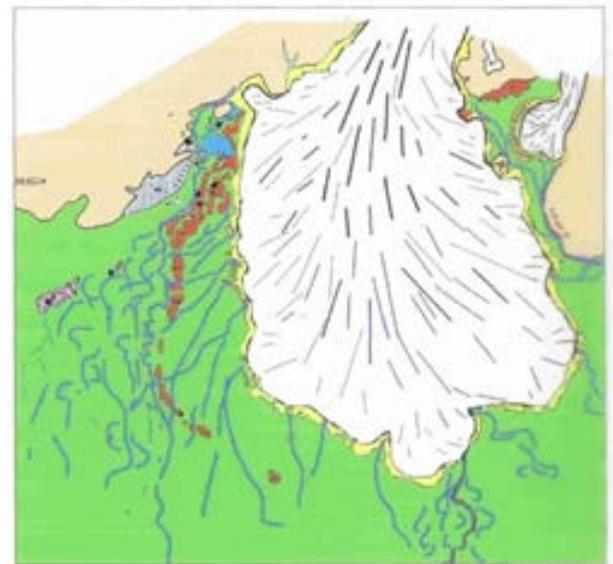


Fig. 21 - Fase morenica di Solferino

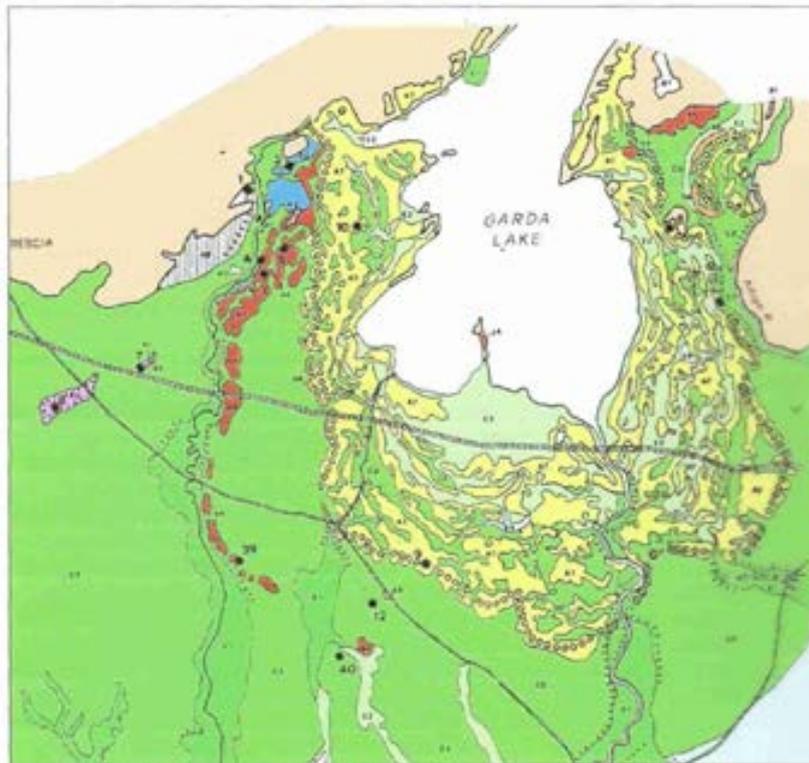


Fig. 23 - Disposizione attuale delle morene

Figure tratte da *“Paleosols and vetusols in the central Po plain -Northern Italy- a study in quaternary Geology and Soil Development”* (Cremaschi M., Ed. Unicopli, Milano, 1987) e modificate dal Dott. Geol. Damiano Scalvini.

Anche nella *“Carta Geologica delle Prealpi Bresciane tra Val Vrenda e il M.te Pizzoccolo 1/25.000”* (Baroni, Bissolati e Vercesi, 1995), vengono applicati i moderni sistemi stratigrafici. I rilievi cartografici di questi Autori non comprendono il territorio di Lonato del Garda, interessando aree poste in territorio di Salò e Roè Volciano. Tuttavia si ritiene che l'apparato glaciale più antico (Unità di Sedena di Cremaschi M., 1987), riconosciuto entro il territorio di Lonato del Garda possa essere correlato all'Unità di Pellegrina di Baroni et Al. (1995); mentre l'apparato glaciale riferito all'Unità di Solferino (Unità di Solferino di Cremaschi M., 1987) possa essere correlata all'Unità di Roè Volciano di Baroni et Al. (1995) ed all'Unità di San Felice d/B (Studio Geologico del Territorio Comunale di San Felice del Benaco - Maggio 2008).

L'attuale revisione stratigrafica del quaternario mediante nuove interpretazioni e metodologie potrà introdurre, anche a breve termine, nuove e più precise interpretazioni.

Con il passaggio verso le attuali condizioni climatiche i fenomeni geomorfici legati all'idrografia superficiale ed alla gravità si sostituirono a quelli glaciali apportando modifiche al paesaggio.

Si impostò gradualmente anche la rete idrografica diretta verso il lago. In corrispondenza delle depressioni intermoreniche meglio sviluppate si formarono aree palustri.

2.2 Inquadramento strutturale

Dal punto di vista strutturale la grande depressione del Lago di Garda rappresenta un'area "chiave" per l'interpretazione dell'assetto strutturale e dell'evoluzione tettonica di gran parte della regione alpina. Il territorio montano dell'Alto Garda, compreso nel settore prealpino bresciano orientale, è caratterizzato da una successione stratigrafica con formazioni di età compresa tra il Trias ed il Miocene, sovrapposte stratigraficamente e tettonicamente, costituendo sistemi di *thrust* embricati riconducibili strutturalmente alle direttrici regionali, identificabili con il Sistema Orobico o della Val Trompia, il Sistema Giudicariense e il Sistema Dinarico.



La fascia strutturale arcuata definita da questi sistemi rappresenta una cintura tettonica molto pronunciata determinatasi a seguito di meccanismi di inversione strutturale degli elementi tettonici distensivi del *rifting* mesozoico ad opera delle intense compressioni neogeniche. Tale cintura si sviluppa sui margini Est e Sud del massiccio dell'Adamello e si propaga ampiamente sia verso Sud che verso Est, incorporando al suo interno la regione del Lago di Garda.

L'orientazione delle strutture risulta in primo luogo secondo la direzione NNE-SSW e NE-SW (Sistema Giudicariense) ed in subordine E-W (Linea della Val Trompia). Il sistema giudicariense è dominato da accavallamenti a vergenza orientale e sud-orientale, con presenza diffusa di faglie trasversali di trasferimento. Ciò determina un assetto irregolare di *tipo en echelon*.

In particolare gli affioramenti del substrato roccioso nel Medio e Basso Garda sono da mettere in relazione ad un pronunciato sistema di *thrust*.

Tutti gli affioramenti delle formazioni paleogeniche presenti lungo la sponda occidentale del lago (Rocca di Manerba, Isola del Garda, Scogli dell'Altare, Isola dei Conigli e Punta San Sivino, Penisola di Sirmione) presentano un rigido controllo strutturale collegato a questo sistema frontale.

Sebbene il sistema tettonico individuato per l'area a Sud di Salò sia correlabile a fasi compressive essenzialmente neogeniche va sottolineato che il carattere di attività persiste anche durante il Plio-Pleistocene e l'Olocene. L'attività tettonica lungo tali strutture è documentata dalla sismicità storica e recente dell'area (vedi paragrafi successivi). La presenza di lineamenti tettonici profondi che raggiungono localmente la superficie o che sono posti a breve profondità può favorire, localmente, l'insorgere di fenomeni termali correlati a risalita naturale, attraverso fratture e faglie, di acque "riscaldate" in relazione al gradiente geotermico (termalismo di Sirmione e Lazise).

2.3 Assetto geologico locale - Successione stratigrafica

Viene di seguito elencata la successione delle unità stratigrafiche presenti con una descrizione delle principali caratteristiche litologiche.

Per la classificazione e datazione delle unità delle coperture quaternarie e neogeniche, si è fatto riferimento allo studio “*Paleosols and vetusols in the central Po plain -Northern Italy- a study in quaternary Geology and Soil Development*” (Cremaschi M., Ed. Unicopli, Milano, 1987).

La successione stratigrafica delle unità presenti nel territorio in oggetto è rappresentata da terreni riferibili al Quaternario, a partire dal Pleistocene, che possono essere così schematizzati (dai più antichi ai più recenti):

COPERTURE QUATERNARIE

UNITÀ GLACIALE

Unità di Solferino – Usf (Pleistocene Superiore)

A questa unità sono riconducibili depositi glaciali e fluvioglaciali. L’Unità di Solferino risulta piuttosto estesa ed articolata e presenta diverse Unità Morena intervallate da piane fluvioglaciali. In territorio di Lonato d/G è riconosciuta la morena della massima espansione che conserva la asimmetria originale e taglia in discordanza geomorfologica le morene dell’Unità di Sedena.

Il ritiro del ghiacciaio solferinese, doveva quindi avvenire lentamente e secondo pulsazioni ripetute e fasi di stazionamento successive. A questa unità sono riconducibili infatti numerose cerchie moreniche, cui si interpongono piane fluvioglaciali ad andamento meandriforme e/o depressioni intramoreniche; da esse si diparte anche l’ampia piana occidentale di Lonato, probabilmente attiva già durante la Fase di Sedena e poi anche in fase tardo-glaciale.

Depositi Glaciali (Usf 1)

I depositi morenici di cordone delineano per le avanzate delle masse glaciali i fronti di espansione in corrispondenza dei quali si aveva l’accumulo caotico dei materiali glaciali.

Sono costituiti da diamicton massivi per lo più a supporto clastico (Dcm) ma talora a supporto di matrice (Dmm). Risultano frequentemente presenti anche grossi trovanti poligenici con dimensioni fino a vari m³. Nell’ambito del complesso modello deposizionale morenico sono previste eterogeneità litologiche con variazioni nel contenuto di frazione fine che risultano talora molto accentuate anche in zone contigue. Così si possono ritrovare settori con litologia più francamente limoso-sabbiosa prevalente sullo scheletro granulare (Dmm). In questi casi i depositi glaciali assumono tipica colorazione grigia (più argillosa) o color oca-nocciola (più limosa).

Depositi fluvioglaciali delle cerchie interne (Usf4)

Questi depositi costituiscono le aree pianeggianti maggiormente estese, interposte tra i cordoni morenici interni e sono rappresentati da ghiaie con ciottoli arrotondati a supporto di clasti o di matrice in genere sabbiosa e sabbie spesso a laminazione incrociata; sono presenti livelli e lenti di limi sabbiosi, soprattutto in superficie.

Frequentemente le piane fluvioglaciali si raccordano con le piane glaciolacustri e le depressioni intermoreniche.

Si distinguono in :

- depositi grossolani, prevalentemente ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi e sabbiosi (**USlf4a**): occupano i



settori pianeggianti occidentali e talora centrali ad andamento in alcuni casi meandriforme, compresi prevalentemente entro i cordoni morenici più elevati e subordinatamente minori. Sono contraddistinti da materiali grossolani di norma in potenti sequenze, essenzialmente ghiaioso-sabbiose in cui è stata operata una selezione granulometrica dall'ambiente alluvionale; talora possono comparire lenti o tasche di sequenze più fini sabbioso-limose collegate a diminuzioni di energia dell'ambiente alluvionale;

- depositi fini prevalentemente sabbioso limosi, limoso sabbiosi, limoso argillosi (**USIf4b**): l'ambiente di deposizione, condizionato da brusche variazioni di energia, ha determinato nette variazioni litologiche in senso verticale. Rappresentano i depositi di tracimazione dei corsi d'acqua fluvioglaciali delle cerchie occidentali costituendone talora la prosecuzione.

Materiali di riporto (r)

Si tratta di materiali di riporto eterogenei per granulometria, accumulati per lo più sul territorio per la realizzazione dei rilevati delle vie di comunicazione principali e secondarie, in prossimità di aree edificate e accumulati in corrispondenza di poli estrattivi.

Successione Stratigrafica Locale

L'area di progetto si colloca ai margini della Piana fluvioglaciale di Croce Venzago – Campagnoli ed è caratterizzata dalla presenza di importanti spessori di materiali di riporto, correlabili agli interventi antropici per il riempimento di una fossa di escavazione; lo spessore di tali materiali si riduce entro il settore NW.

2.4 Assetto Geomorfologico locale

Il sito di progetto è collocato nel **contesto geomorfologico** riferibile alla **piana fluvioglaciale dei Croce Venzago - Campagnoli**, caratterizzata da un ampio settore da pianeggiante a subpianeggiante, formatosi probabilmente a seguito del ritiro dei ghiacciai più antichi (Fase di Carpenedolo) e successivamente recettore delle acque di scioglimento dei ghiacciai delle fasi più recenti, nonché della successiva rete idrografica olocenica.

L'area di progetto si colloca ai margini della Piana fluvioglaciale di Croce Venzago – Campagnoli, che possiede buona continuità e localmente raggiunge spessori significativi; essa si prolunga verso SE nella valle del ramo principale della Fossa Redone.

Il sito di progetto è altresì posto a NW di un settore interessato da attività estrattive e discariche; si tratta di attività antropiche con forte impatto sull'assetto geomorfologico ed idrogeologico della zona che per buona parte ricadono ad Est della S.S. 567-Via Mantova nelle aree denominate, nell'ambito del vecchio Piano Cave Provinciale “AR2” (area di recupero n.2) e “CR31” (area di coltivazione n.31). Allo stato attuale risulta attiva solo una piccola porzione della vecchia area di recupero denominata “Rg7”.

Il sito di intervento risulta subpianeggiante, rimodellato dall'azione antropica, ad una quota compresa tra circa 129/131 m s.l.m. con debole gradiente topografico verso Sud.

E' dunque stabile e non è interessato da alcun fenomeno geomorfico in atto.



2.5 Idrografia

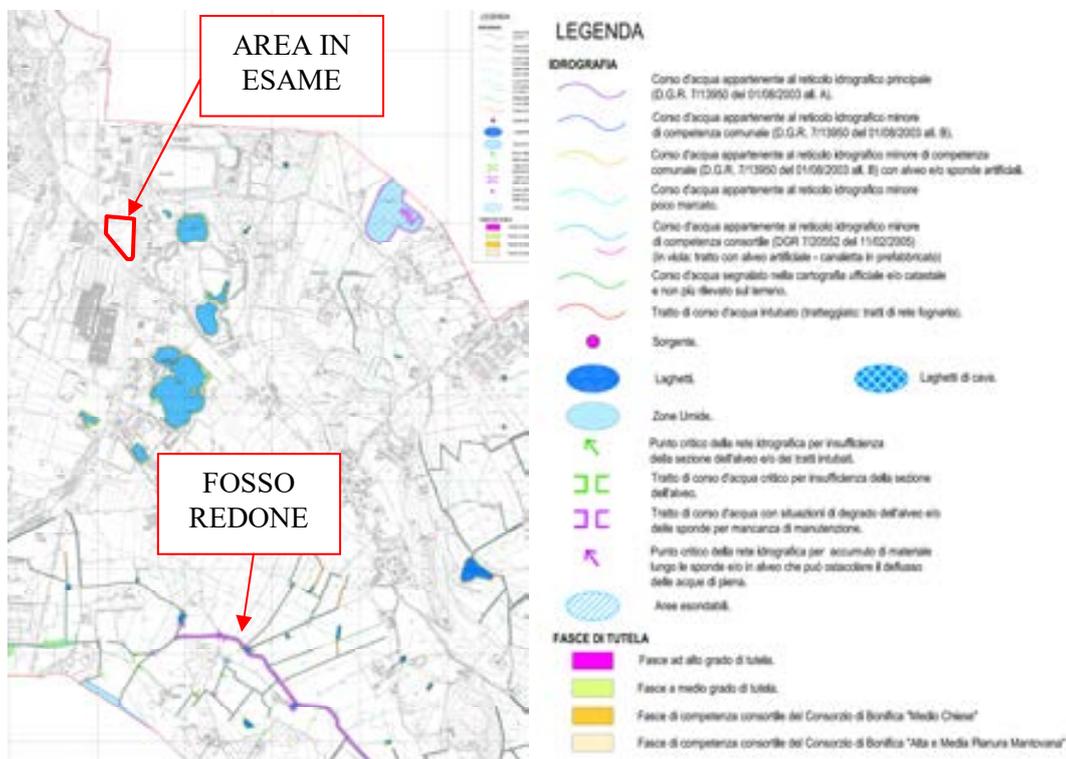
L'idrografia della zona è caratterizzata dalla mancanza di un vero e proprio reticolo idrografico, anche in relazione alla morfologia generale della zona, riferibile ad un contesto di cordoni morenici poco accentuati, in cui si instaurano bacini idrografici poco estesi con vaste aree pianeggianti.

Inoltre nella più vasta piana fluvioglaciale della *Croce di Venzago-Campagnoli* si hanno per lo più terreni ad alta e media permeabilità che consentono una buona infiltrazione delle acque superficiali.

Nella *piana della Croce di Venzago-Campagnol*, sono presenti alcuni bacini d'acqua artificiali. Si tratta di aree di coltivazione attiva o cessata di ghiaia e sabbia che hanno messo a nudo la falda freatica.

L'unico elemento idrografico degno di nota è rappresentato da un ramo della Fossa Redone che trova origine ben più a Sud dell'area considerata, in comune di Lonato d/G.

Il corso d'acqua attraversa buona parte del settore meridionale dell'anfiteatro morenico benacense confluendo nella Fossa Redone Superiore, per poi immettersi nel *F. Mincio*.



Estratto da Tav. 3C "Carta del reticolo idrico con indicazioni delle fasce di tutela" – Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Lonato d/G – Dott. Geol. R. Lentini (Luglio 2009)

L'area d'intervento non interferisce con alcun elemento del sistema idrografico e non è interessata da problematiche idrauliche.

2.6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO - Approfondimento relativo agli aspetti idrogeologici

2.6.1 Assetto idrogeologico generale

L'assetto idrogeologico del territorio di Lonato d/G è fortemente condizionato dalla presenza di una vasta area riconducibile ad un **Ambito Morenico**, piuttosto articolato con presenza di numerose cerchie collinari interrotte da piane intramoreniche e/o fluvioglaciali ad andamento sinuoso e con sedimenti di spessore variabile e per lo più contenuto, cui si contrappone l'**Ambito Fluvioglaciale della piana occidentale**, ampio settore pianeggiante, caratterizzato da spessori considerevoli di sedimenti.

L'area d'interesse, in particolare, si colloca nell'**Ambito Morenico delle Cerchie Interne**. Nell'area di pertinenza dell'anfiteatro morenico interno si possono riconoscere *falde superficiali sospese* (settori collinari) o, più limitatamente, *freatiche* (settori pianeggianti). Più in profondità sono presenti *falde confinate o semiconfinate* circolanti in intervalli ghiaioso-sabbiosi, permeabili, intercalati entro la sequenza morenica ricca di frazione limoso-argillosa e quindi complessivamente poco permeabile. Tali falde risultano per lo più discontinue lateralmente in relazione alla variabilità litostratigrafica dei depositi morenici.

Descriviamo di seguito le caratteristiche principali di questi acquiferi:

Falde superficiali freatiche

Presso alcuni dei settori pianeggianti e/o depressi morfologicamente si hanno di norma falde freatiche confinate entro i depositi di contatto glaciale o glaciolacustri di depressione intermorenica o fluvioglaciali, per lo più di modesto spessore. Questi acquiferi possiedono generalmente scarsa produttività. L'alimentazione è legata agli apporti delle acque di diretta infiltrazione, dei corsi d'acqua, delle acque raccolte dai versanti delle cerchie moreniche e/o provenienti dalle falde sospese circolanti nei depositi glaciali dei settori collinari. Gli acquiferi freatici presentano un andamento talora discontinuo, con bassa soggiacenza dal piano campagna. Il livello piezometrico subisce in ogni caso delle naturali oscillazioni stagionali in funzione della piovosità.

Nelle piane maggiormente estese (Piana di Croce di Venzago-Campagnoli) l'acquifero freatico può presentare maggiore potenzialità. La soggiacenza risulta in ogni caso variabile e localmente può essere pari a vari m dal p.c., in relazione soprattutto allo spessore dei depositi. Il deflusso sotterraneo della falda freatica segue in generale un debole gradiente topografico in direzione del centro delle piane e degli elementi idrografici drenanti.

Falde superficiali sospese

Nei depositi glaciali e di contatto glaciale sono presenti, in relazione alle condizioni morfologiche ed idrogeologiche locali, acquiferi discontinui e poco produttivi circolanti al tetto di livelli limoso-argillosi impermeabili, generalmente di bassa potenzialità, alimentati prevalentemente dalle precipitazioni meteoriche. Tali falde possono dare origine, al piede delle colline moreniche, a manifestazioni sorgentizie di portata per lo più trascurabile. Numerosi pozzi superficiali, scavati a mano e prevalentemente in disuso, lungo i bordi collinari e/o sui rilievi morenici, interessano gli acquiferi sospesi. Particolarmente significativa appare la realizzazione, in passato, di numerosi pozzi di questo tipo presso il centro storico di Lonato o presso svariate cascate presenti nell'ambito collinare.



Falde medie e profonde: acquiferi multistrato semiartesiani

Entro i depositi morenici, a profondità differenti e di norma di alcune decine di m dal p.c., sono presenti falde medie e profonde confinate o semiconfinate che rappresentano gli acquiferi più sviluppati e di maggiore produttività nell'area del Basso Garda. I sistemi acquiferi multistrato risultano separati tra loro da intervalli argilloso-limosi ripartitori (*aquitard*). Si tratta di falde normalmente dotate di un certo grado di artesianesimo, non direttamente influenzate dall'andamento delle precipitazioni e collegate ad alimentazioni distali.

In territorio di Lonato, grazie alla grande quantità di dati raccolti, si è cercato di operare una distinzione di massima tra *acquiferi medi* e *acquiferi profondi*.

Gli acquiferi medi, captati dalla maggior parte dei pozzi censiti, sono stati riscontrati a profondità comprese tra circa -50 m e -100 m dal p.c. Nella Piana di Croce Venzago e Campagnoli si evidenzia una discreta continuità areale di tali acquiferi.

Gli acquiferi profondi sono intercettati da pochi pozzi, a profondità comprese tra -100 m e -180 m dal p.c., ed in particolare, per l'area d'interesse, da alcuni pozzi privati in località Campagnoli (LO096 e Pozzi 3 e 4).

Si ritiene probabile che tali acquiferi profondi presenti con una discreta continuità tra le aree della piana dei Campagnoli e della collina di Madonna della Scoperta siano tra loro correlabili e riferibili alle unità fluvioglaciali più antiche (Fase di Carpenedolo o di Sedena), probabilmente presenti anche nell'ambito della piana occidentale di Lonato.

2.6.2 Unità idrogeologiche – Permeabilità dei terreni

Le unità litologiche, riconosciute sul territorio, corrispondono a varie unità idrogeologiche che sono di seguito descritte e riportate nella “Carta Idrogeologica” in allegato. I valori di permeabilità dei terreni sono stati stimati, oltreché da dati di letteratura, in base a numerosi studi eseguiti dalla scrivente, in terreni omologhi corredati da indagini in situ (prove di permeabilità in foro di sondaggio o in pozzetto superficiale).

UNITÀ PERMEABILI PER FRATTURAZIONE

- **Depositi conglomeratici a permeabilità per fratturazione media e media-elevata.**

Appartengono a questa classe i depositi prevalentemente conglomeratici, compatti e/o fratturati. Questa unità in territorio di Lonato è presente in profondità, mostrando caratteri prevalenti di medio-bassa permeabilità, sebbene localmente possa essere sede di falde idriche produttive. Talora alla permeabilità per fessurazione si può associare una permeabilità per porosità medio-elevata.

UNITÀ PERMEABILI PER POROSITÀ

- **Depositi grossolani (prevalentemente ghiaioso-sabbiosi) a permeabilità da media a medio-elevata:**

Permeabilità da media a medio-elevata può essere attribuita ai “depositi fluvioglaciali delle cerchie interne”. I valori della permeabilità possono essere quindi definiti complessivamente da medi a medio-elevati e sono compresi per le sequenze ghiaioso-sabbiose tra 10^{-3} m/sec e 10^{-5} m/sec. La presenza di livelli limoso-argillosi a bassa permeabilità può ostacolare localmente la filtrazione idrica verticale. Talora all'interno di questi depositi possono circolare falde superficiali, delimitate per lo più alla base dai depositi glaciali poco permeabili.



- **Depositi glaciali a permeabilità complessivamente da bassa a molto bassa**

Sono compresi in questa unità i "depositi glaciali" che presentano una notevole eterogeneità litologica e sono caratterizzati da permeabilità per porosità complessivamente da bassa a molto bassa, con sequenze limoso-argillose impermeabili che ostacolano la filtrazione verticale. In tali terreni i valori del coefficiente di permeabilità variano riducendosi infatti fino a valori di $k = 10^{-8}$ m/sec. Sono in ogni caso presenti, intercalate a varie profondità sequenze ghiaiose e ghiaioso-sabbiose permeabili, con $k = 10^{-5}$ m/sec.

Nelle aree collinari le sequenze grossolane sono sede di falde superficiali di scarsa potenzialità, alimentate dalle precipitazioni e legate a condizioni morfologiche ed idrogeologiche locali. Più in profondità, come già descritto possono essere presenti acquiferi multistrato.

2.6.3 Soggiacenza

La soggiacenza di una falda è la profondità dell'acqua dal piano campagna; pertanto i valori di soggiacenza possono essere così schematizzati con riferimento alle tipologie di acquiferi già descritte nei precedenti capitoli:

ACQUIFERI SUPERFICIALI

- i depositi glaciali sono sede di falde superficiali sospese circolanti, nelle aree collinari, a profondità variabili tra 5 e 10 m con direzioni di flusso congrue con la topografia; solo localmente ed in condizioni particolari possono essere identificate zone con livelli acquiferi superficiali a profondità minori (2-5 m).
- i depositi fluvioglaciali della piana dei Campagnoli-Croce Venzago sono sede di falde freatiche superficiali più o meno continue e con profondità variabile a seconda delle zone. La soggiacenza risulta in ogni caso variabile e localmente può essere pari a vari m dal p.c., in relazione soprattutto allo spessore dei depositi. Il deflusso sotterraneo della falda freatica segue in generale un debole gradiente topografico in direzione del centro delle piane e degli elementi idrografici drenanti (verso sud).

Per la piana di Croce Venzago - Campagnoli sono stati riportati i dati relativi al Marzo 2001, rappresentativo della minima soggiacenza della falda susseguente un periodo contraddistinto da piovosità di carattere eccezionale, verificatosi nella stagione invernale-primaverile 2001. Si vuole in ogni caso sottolineare che la complessa struttura idrogeologica dell'area in esame che comprende un ambito di cordone morenico ed uno di piana fluvioglaciale caratterizzati da acquiferi di tipologia ben distinta, comporta oggettive difficoltà nel fissare una direzione di flusso della falda costante nel tempo. Infatti l'andamento delle precipitazioni meteoriche influenza in maniera variabile e talora contraddittoria gli innumerevoli fattori che interagiscono in relazione ai complessi rapporti intercorrenti tra le principali unità idrogeologiche. Sia i rilevi collinari che la piana interposta risultano orientati circa N-S. L'andamento delle linee isofreatiche segue quindi i contorni della valle interglaciale, con direzioni di flusso orientate verso il depocentro della piana ed un certo gradiente verso la sua terminazione meridionale, seguendo la debole immersione della piana ed in relazione alla presenza della Fossa Redone, elemento della rete idrografica che svolge un ruolo drenante rispetto alla falda freatica. Si segnala l'interazione tra le falde sospese circolanti



entro i depositi morenici, per definizione discontinue, e la falda freatica, al contrario piuttosto continua, che permea i depositi fluvioglaciali della piana. In periodi di abbondanti precipitazioni le falde sospese risultano ben alimentate e forniscono apporti significativi alla falda freatica, generando linee di flusso che nella fascia di transizione divengono più marcatamente dirette dal versante collinare verso il depocentro della piana. In concomitanza di periodi siccitosi le falde sospese provenienti dai versanti collinari tendono a diminuire talora drasticamente la loro produttività, alimentando in misura inferiore alla norma la falda freatica della piana, che tende contemporaneamente ad assumere i valori di massima soggiacenza. Inoltre in periodi di massima soggiacenza della falda freatica si verifica una diminuzione del gradiente di flusso orientato verso S, in relazione ad una diminuzione dell'azione di drenaggio della rete idrica superficiale e ad un conseguente "effetto catino".

ACQUIFERI MEDI E PROFONDI

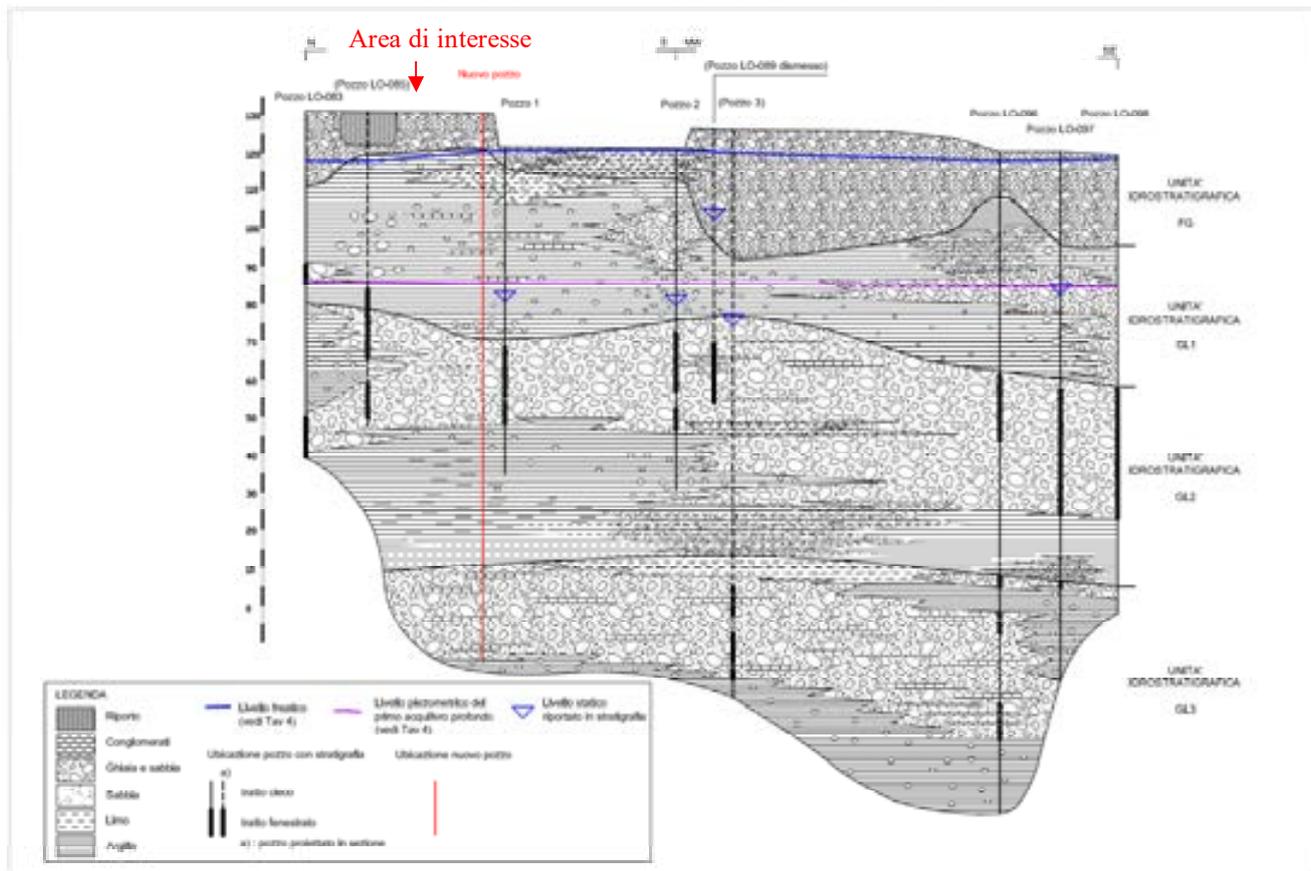
- i sistemi riferiti agli acquiferi multistrato, circolanti nei depositi morenici sono caratterizzati da falde semiartesiane, localizzate in sequenze ghiaioso-sabbiose o ghiaioso conglomeratiche (ad elevata fessurazione) confinate in successioni prevalentemente limoso-argillose o da livelli di argille e conglomerato compatto (*aquitard*). La soggiacenza di questi acquiferi è di norma di varie decine di m e può risentire di una certa risalienza in funzione del grado artesianesimo che le contraddistingue. Per la piana di Croce Venzago – Campagnoli sono state riportate le linee isopiezometriche ricostruite nel Marzo 2001, per gli acquiferi medi; nell'area d'interesse può essere stimata un livello piezometrico posto a circa 50 m dal p.c.. Le misure del livello piezometrico riportate nelle stratigrafie dei pozzi che attingono ad acquiferi profondi mostrano risultano correlabili a quelle definite per le falde medie. Si rimanda al paragrafo successivo per quanto concerne l'identificazione dei corpi idrici e delle caratteristiche piezometriche locali riscontrate, rispetto all'opera di emungimento oggetto di richiesta di concessione.



2.6.4 Assetto idrogeologico locale – Caratteristiche piezometriche

Per descrivere l'assetto idrogeologico locale del sito d'interesse è stata utilizzata una sezione idrogeologica passante per un pozzo (Pozzo 4-Nuovo Pozzo) realizzato nel 2013 presso un'area adiacente quella di studio, e per alcuni dei pozzi di cui è stata reperita la stratigrafia (vedi Carta Idrogeologica in allegato per la traccia).

Sezione A-A' – Andamento N-S / NE-SE



Lungo la sezione si evidenzia la presenza dell'unità idrostratigrafica riferibile ai depositi fluvioglaciali (Unità FG), di spessore variabile tra 20 e 40 m, entro cui circola l'acquifero freatico superficiale.

L'acquifero freatico è delimitato alla base dalla prima unità idrostratigrafica (Unità GL1) riferibile ai depositi glaciali prevalentemente argillosi, impermeabili, di spessore piuttosto variabile da un massimo di circa 60 m nella porzione nord della sezione, fino a circa 10-40 m nelle porzioni centrali e sud-orientali. Entro questo intervallo possono essere presenti lenti piuttosto discontinue di depositi ghiaioso-sabbiosi, solo localmente sede di circolazione d'acqua.

Al di sotto si evidenzia un'unità idrografica sempre riferibile alla sequenza morenica (Unità GL2), di spessore complessivo pari a circa 40-70 m, che presenta un livello grossolano ghiaioso-sabbioso ed in subordine conglomeratico, piuttosto continuo seppure con spessore estremamente variabile (10-40 m), entro cui circolano gli acquiferi medi, discretamente continui, al quale attingono la maggior parte dei pozzi censiti nell'area; la stessa unità è caratterizzata alla base da un livello limoso argilloso che funge



da separazione rispetto ai sottostanti acquiferi profondi.

I pozzi più profondi (pozzi 3 e 4, pozzi LO-096 e LO098) hanno quindi intercettato, oltre circa 110 m di profondità dal p.c., l'unità idrostratigrafica (GL3) riferibile probabilmente a depositi fluvioglaciali e glaciali più antichi. Questa unità è caratterizzata da un livello in prevalenza ghiaioso-conglomerato, piuttosto continuo di spessore pari a 25-30 m, ricco di circolazione d'acqua, delimitato alla base da un'unità francamente argillosa.

2.5 VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI

La protezione degli acquiferi nell'area esaminata deriva dalla precedente suddivisione in unità idrogeologiche che rispecchiano condizioni fisiche intrinseche del territorio.

Gli acquiferi profondi possiedono protezione elevata e quindi scarsa vulnerabilità; ciò in dipendenza sia dell'elevata profondità degli stessi, sia della presenza di livelli impermeabili alla filtrazione verticale evidenziati nelle stratigrafie dei pozzi presenti e nella sezione idrogeologica. Eventuali fonti inquinanti in superficie non possono in tal modo interferire con le falde profonde, che sono classificabili quali "acquiferi protetti".

Si segnala per l'area di progetto che la cartografia di PGT riconosce la presenza di un'alta vulnerabilità della falda superficiale. **Si rimanda al Cap. 10 per specifici approfondimenti sito-specifici.**



3 SISMICITA'

In questo settore, che ricade nell'entroterra dell'area gardesana e lungo il bordo sudalpino centrale, i lineamenti tettonici sono riconducibili a diversi sistemi regionali che generano complessi campi tensionali.

Nel settore settentrionale della pianura è presente il sistema di sovrascorrimenti S-vergenti che costituiscono la continuazione in pianura delle Prealpi Lombarde. Nella fascia meridionale si ha invece un pronunciato sistema di embricazione N-vergente che costituisce l'avanfossa essenzialmente pliocenica dell'Appennino settentrionale.

I due sistemi entrano in collisione nella parte mediana della pianura; il fronte settentrionale è inquadrabile all'interno dei sistemi di deformazione del Miocene medio-superiore, quello meridionale è essenzialmente pliocenico. A partire dalla fine del Pleistocene inf. entrambi i margini del Bacino Padano sono in sollevamento in seguito alla formazione di un bacino flessurale più simmetrico.

Il margine meridionale del bacino padano, a ridosso del fronte appenninico risente di tali movimenti in modo maggiormente consistente rispetto al margine settentrionale.

Per quanto concerne l'evoluzione tettonica della pianura meridionale a partire dal Pliocene inferiore fino a tutto il Pleistocene si evidenzia una lenta subsidenza generalizzata non compensata dalla sedimentazione (Baraldi et alii, 1980). Nell'intervallo successivo (fino a 18.000 anni fa) si assiste ad un progressivo riempimento del bacino ed il motivo tettonico predominante continua ad essere l'abbassamento generalizzato di tutta l'area; tale movimento è stato dedotto dagli Autori in relazione al notevole spessore dei sedimenti continentali. Pertanto attraverso alcuni milioni di anni il progressivo moto di avvicinamento della Placca Africana e della Placca Europea ha determinato prima **la nascita delle Alpi e degli Appennini** e poi ne ha sollevato le porzioni assiali creando il paesaggio montuoso che oggi conosciamo, secondo un meccanismo ancora attivo alla velocità di 1-3 metri per millennio. **L'avvicinamento di Alpi e Appennini secondo una direttrice circa N-S, e quindi il raccorciamento della Pianura Padana, è tuttora in atto**, come mostrano i dati geodetici satellitari. **In profondità questo raccorciamento si trasforma in uno sforzo di caricamento di faglie di tipo compressivo localizzate sia al piede delle Alpi Meridionali, sia al piede dell'Appennino Settentrionale.**

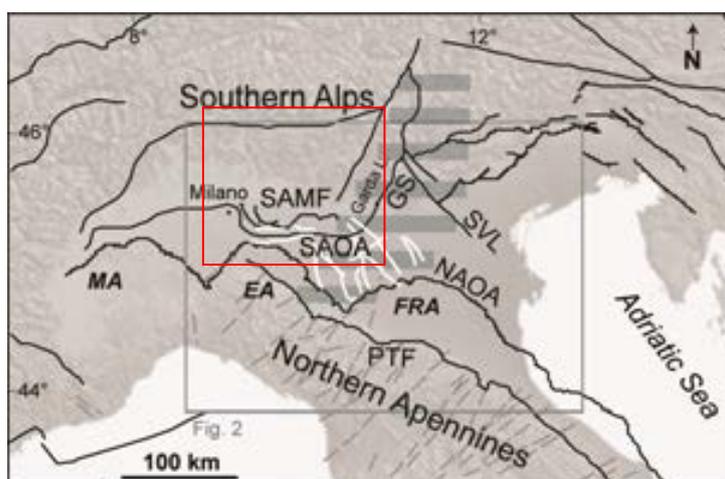


Figura 1 bis (tratta da *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain*- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise): Mappa strutturale semplificata della Pianura Padana. Linee nere: principali elementi tettonici; linee bianche: faglie ereditate; SAMF: fronte montuoso delle Alpi Meridionali; SAOA: arco esterno delle Alpi Meridionali; GS: Sistema delle Giudicarie; SVL: Schio-Vicenza; NAOA: arco esterno dell'Appennino Settentrionale; PTF: fronte pedeappenninico; MA: arco del Monferrato; EA: arco Emiliano; FRA: arco Ferrarese-Romagnolo.

Nel bresciano, dalla sponda occidentale del Garda fino ai dintorni di Brescia, le strutture di maggiore risalto morfo-strutturale sono quelle NNE-SSW del Sistema delle Giudicarie (GS), nonché le più antiche linee ad orientamento dinarico (NW-SE) e valsuganese/valtriumplino (circa E-W - SAOA), talora riattivate. Le strutture distensive più recenti sembrano essere attribuibili in ogni caso alle fasi di sollevamento plio-pleistocenico, con direzioni prevalenti NE-SW e NW-SE.

A livello strutturale la zona di Brescia, localizzata all'interno della cintura di deformazione dei sistemi della Valsugana e Val Trompia (circa E-W) e delle Giudicarie (NNE-SSW), si differenzia nettamente dall'area veronese, collocata all'esterno della stessa cintura sul bordo di una zona più rigida, tabulare e omoclinale.



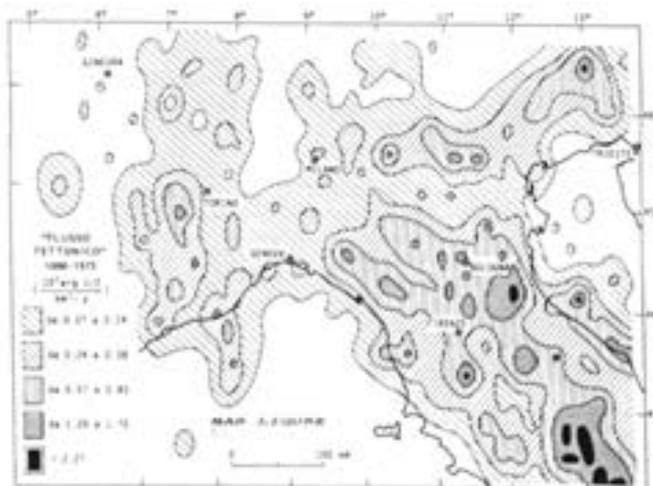
Figura 1 – “Strutture del Sistema delle Giudicarie e Val Trompia a S del Lineamento Insubrico” Schema semplificato da numerosi Autori in Castellarin (1981).

Tuttavia sebbene siano aree inserite in un contesto “strutturale” differente, l’attività sismica storica sia attorno a Verona che a Brescia documenta un legame tra i due settori, in quanto afferente ad un contesto “sismotettonico” maggiormente omogeneo.

La localizzazione dell’attività sismica nelle Prealpi si concentra infatti lungo il margine della pianura e nelle fasce immediatamente adiacenti la zona pedemontana (vedi Figura 2).

Al contrario, la zona del nucleo della catena, del massiccio dell’Adamello, la zona del Lineamento Insubrico sono totalmente prive di attività sismica significativa e ancor meno sono attivi i nuclei strutturali più interni della catena nordalpina adiacente.

Figura 2 – “Flusso tettonico” medio (energia prodotta dai terremoti che attraversa l’unità di superficie nell’unità di tempo), valutato per gli ultimi 1000 anni nell’Italia settentrionale e in Lombardia. (Cattaneo et al., 1978).



La più importante area tettonica “sorgente” è rappresentata dall’area tirrenica e dalla zona appenninica interna, che sono state sottoposte a processi distensivi dal Miocene superiore in poi. A questa si associa lo spostamento della placca africana verso N al ritmo di circa 1 cm/anno.

L’effetto di questi due meccanismi si esprime soprattutto lungo i limiti dei grandi domini morfostrutturali, come la zona pedemontana compresa tra la Pianura Padana e le Prealpi ed anche la giunzione Alpi-Dinaridi (sistema Friulano).

Secondo alcuni autori la localizzazione comune dell’area di Verona e di Brescia, e più in generale di questa porzione dell’area padana, rispetto al campo tensionale residuo in atto sarebbe dunque la causa principale della loro sismicità.

Più recentemente la relativamente elevata sismicità del territorio bresciano è stata interpretata come indicativa di una consistente attività neotettonica nella zona. Pur mancando uno studio che ricostruisca su vasta scala e in maniera soddisfacente i movimenti neotettonici nell’area bresciana, alcuni lavori di dettaglio ed il recente studio pubblicato su *Pure and Applied Geophysics* (03 Jul 2014 - ***The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain***- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise) permettono di delineare un primo quadro interpretativo. In particolare la corrispondenza e la connessione tra le strutture geologiche e le zone sismicamente attive dimostrerebbero come siano ancora in atto movimenti tettonici connessi all’orogenesi alpina. Molti autori ritengono infatti che la maggior parte delle superfici tettoniche segnalate nella letteratura geologica rivestano un’elevata e significativa importanza nel quadro sismotettonico generale. Ciò è confermato dall’ubicazione degli ipocentri sismici del bresciano, posti in corrispondenza della parte più pellicolare della crosta (tra i 5 e i 15 km). Oltre ai movimenti lineari che si possono verificare lungo superfici di discontinuità preesistenti e che portano a classificare le faglie e le superfici tettoniche come attive, si sviluppano anche movimenti areali di carattere neotettonico. A tal proposito le strutture delineatesi a partire dal Pleistocene inf. possono costituire una sorgente sismogenetica, lungo le più recenti direzioni NE-SW e NW-SE o riattivando i sistemi già delineatisi nel neogene (E-W), riutilizzando le antiche superfici di sovrascorrimento e i loro frequenti svincoli trasversali.

Identificare e parametrizzare le faglie responsabili dei principali terremoti della Pianura Padana – ossia le sorgenti sismogenetiche – richiede che si prenda in dovuta considerazione la loro profondità, geometria e cinematica, sia rispetto all’assetto delle due catene montuose attualmente “in avvicinamento” (le Alpi e gli Appennini), sia rispetto all’assetto paleogeografico preesistente. L’avvicinamento delle due catene è infatti fortemente condizionato dalla presenza di un contesto geologico “ereditato”, caratterizzato da antiche piattaforme carbonatiche e depositi di bacini marini profondi separati da faglie estensionali sviluppatesi durante l’apertura della Tetide. Questa articolata paleogeografia controlla fortemente lo sviluppo, l’evoluzione e la forma dei fronti montuosi sepolti al di sotto dei depositi della pianura. La conoscenza della paleogeografia dell’area oggi occupata dalla Pianura Padana è quindi molto importante per individuarne e caratterizzarne le sorgenti sismogenetiche.

I dati di letteratura attribuiscono ai sistemi distensivi descritti una valenza superficiale, non superando i 10 km di profondità. E’ possibile che a livelli strutturali più profondi l’edificio della catena sia ancora influenzato da processi collisionali subduttivi. Sebbene sia ritenuta possibile la coesistenza di eventi sismici con caratteri compressivi in profondità che passino a sismi legati a distensione in superficie, non è stato tuttora elaborato un modello geodinamico che tenga conto in modo soddisfacente della coesistenza tra contrazione e distensione.



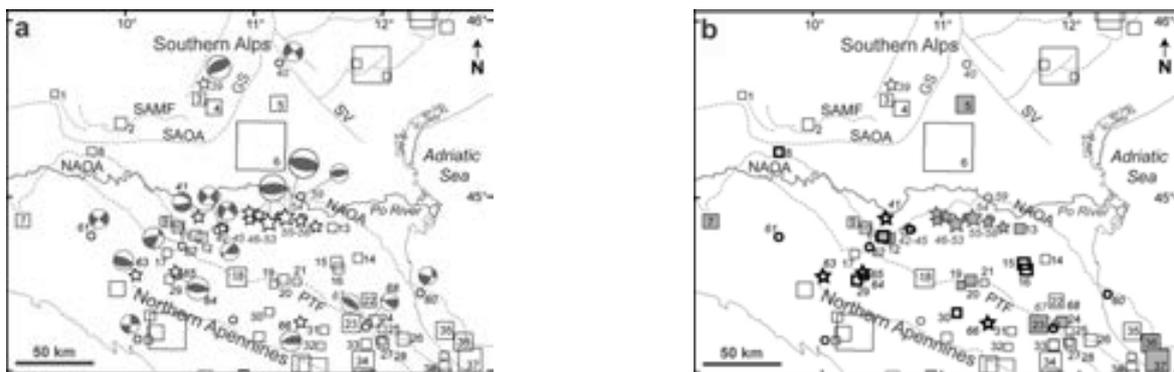


Figura 4 bis (tratta da *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain*- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise): Terremoti storici e strumentali (CPTI11, Bollettino Sismico Italiano e ISIDE). I terremoti storici con $M \geq 5.3$ sono rappresentati con quadrati. I terremoti strumentali con $M \geq 5.0$ sono rappresentati con stelle; quelli con $4.5 \leq M \leq 4.9$ sono rappresentati con pallini. Tutti i terremoti sono collegati alle tabelle 1 e 2 attraverso il loro ID. a) Sismicità e meccanismi focali disponibili (Pondrelli et al., 2006; TDMT database). b) Terremoti multipli e terremoti profondi (i terremoti multipli sono rappresentati con pattern grigio; i terremoti profondi in grassetto).

Al di sotto dei sedimenti della Pianura Padana esistono quindi strutture tettoniche attive e capaci di generare terremoti, come testimonia sia la sismicità strumentale dell'area, sia il verificarsi di importanti terremoti storici (Figura 4 bis). Recentemente, i *thrust* sepolti dell'Appennino Settentrionale si sono attivati durante la sequenza dell'Emilia del 2012. Una caratteristica comune delle sequenze emiliane del 1570, 1929 e 2012 è quella di essere costituite da più terremoti potenzialmente distruttivi, anche con magnitudo simile, che si susseguono nell'arco di giorni, settimane o mesi. Ma il più forte terremoto di cui si ha notizia nell'area padana è quello che il 3 gennaio del 1117 ha duramente colpito Verona e le aree poste a sud di essa (magnitudo stimata 6.7). La precisazione "di cui si ha notizia" è doverosa perché per molti secoli la Pianura Padana è stata sede di ampie aree paludose e di fitte e impraticabili foreste con sporadici nuclei abitati; esiste quindi la possibilità che altri forti terremoti accaduti nell'area siano stati poco risentiti dall'uomo o non siano stati risentiti affatto, e quindi che non siano stati adeguatamente documentati, apparendo come terremoti minori o scomparendo del tutto dalle fonti storiche.

Si vuole infine sottolineare come la distribuzione dell'intensità sismica (Figura 2) e l'andamento delle "zone sismiche" (Figura 3 – "Mappa di Pericolosità Sismica – Ord. P.C.M. 3519/2006) e "sismogenetiche" (Fig. 4 tratta da App. 2 al "Rapporto Conclusivo" – Marzo 2004" a cura di C. Meletti e G. Valensise; Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica - OPCM 3274/2003 - INGV) testimoniano un legame tra l'attività sismotettonica del margine prealpino ed il settore di giunzione Alpi-Dinaridi.

L'andamento delle aree sismiche cui afferisce il territorio gardesano pur seguendo l'andamento del margine prealpino, possiede infatti massima intensità in corrispondenza del Sistema Friulano.

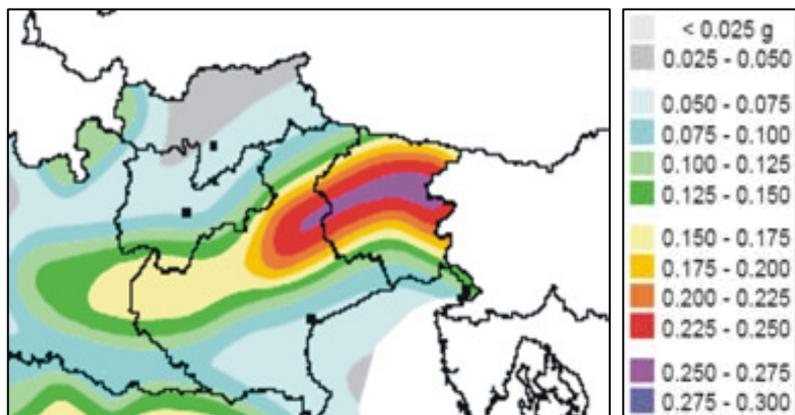


Figura 3 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (Ordinanza P.C.M. n° 3519 del 27/04/06).

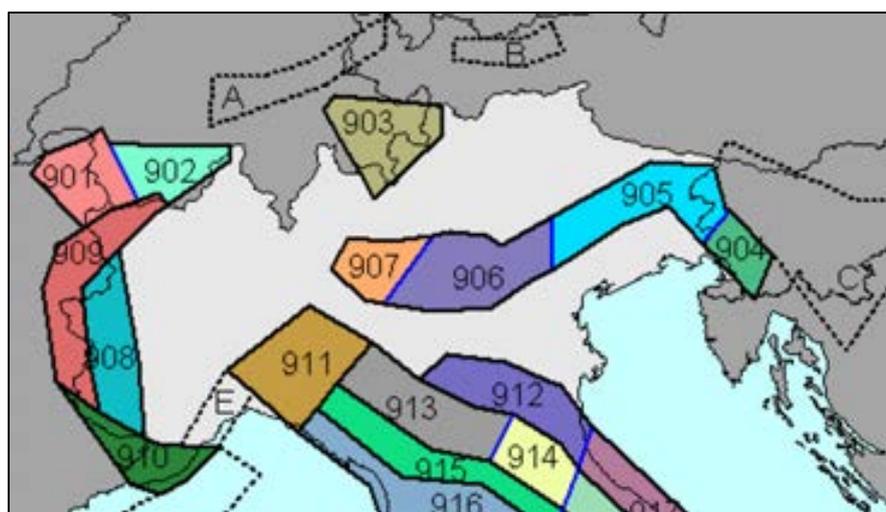


Figura 4 – Schema Zonazione Sismogentica ZS9 tratta da “App. 2 al Rapporto Conclusivo – Marzo 2004” a cura di C. Meletti e G. Valensise (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM 3274/2003 - INGV).

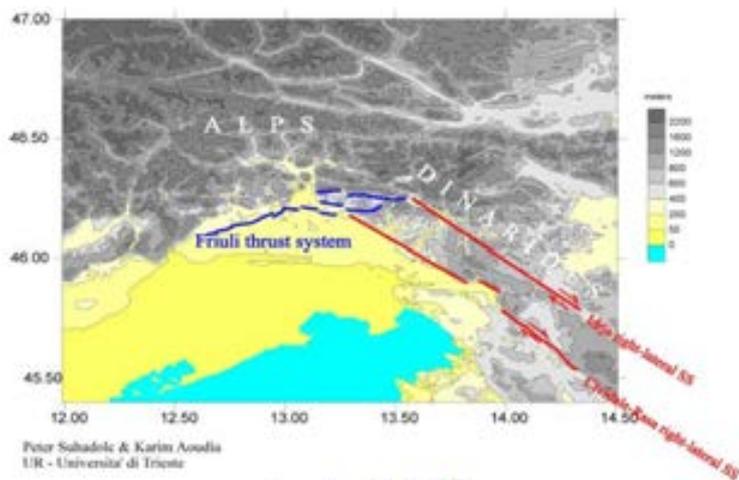


Figura 5 – Schema strutturale della giunzione Alpi-Dinaridi.

Si rileva inoltre una sostanziale continuità tra le aree sismogenetiche del Sistema Dinarico-Friulano (zone ZS9 904-905) e quelle del margine prealpino veronese-bresciano-bergamasco (Zone ZS9 906-907) (Figura 4).

Alla giunzione Alpi-Dinaridi le deformazioni quaternarie e recenti riflettono il trasferimento delle deformazioni dal sistema di faglie trascorrenti destre, ad andamento dinarico, verso i sovrascorrimenti del sistema di *thrust* friulano, S-vergente (Figura 5).

3.1 Sismicità storica



L'area bresciana è stata interessata in epoca storica a partire dall'anno 1000 da eventi sismici inseriti già nel Catalogo CNR (Figura 6) e quindi nel "Catalogo Parametrico dei terremoti italiani" a cura del Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) (Tabella 1).

Figura 6 – Terremoti segnalati in Lombardia dall'anno 1000 al 1984. La dimensione dei poligono è proporzionale alla magnitudo dei sismi. (tratto da A.A.V.V. "Guide Geologiche Regionali -Alpi e Prealpi Lombarde-11 itinerari", 1990).

Tabella 1 – Eventi sismici con Magnitudo > 4, inclusi nel "Catalogo Parametrico dei terremoti italiani" avvenuti **entro il 2002** nel raggio di **100 km da Lonato del Garda**. *Msp: Magnitudo; ZS9: zona sorgente*

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
5	-91						MODENA-REGGIO EMILIA	44.65	10.78	5.53	913
27	1065	3	27	6			BRESCIA	45.55	10.22	4.99	907
30	1117	1	3	13			VERONESE	45.33	11.2	6.49	906
43	1197						BRESCIA	45.55	10.22	4.8	907
47	1222	12	25	11			BASSO BRESCIANO	45.48	10.68	6.05	906
53	1249	9		16	30		MODENA	44.65	10.93	4.8	912
59	1276	7	28	18	30		ITALIA SETTENT.	45.08	9.55	4.91	911
74	1303	3	22	23			PIACENZA	45.052	9.693	4.25	911
89	1334	12	4				VERONA	45.43	11	4.25	906
90	1345	1	31				CASTELNUOVO	44.81	10.564	4.25	912
93	1346	2	22	11			FERRARA	44.92	11.02	5.75	912

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
107	1365	9	21	5	45		VERONA	45.43	11	4.25	906
113	1383	7	24	20			PARMA	45.058	9.915	4.25	911
121	1396	11	26				MONZA	45.58	9.27	5.27	907
125	1402						VERONA	45.438	10.994	4.53	906
126	1403	1	17				VERONA	45.8	11.6	4.53	906
130	1409	11	15	11	15		PARMA	44.8	10.33	4.53	913
132	1410	6	10	21			VERONA	45.47	11.8	4.37	
144	1438	6	11	20			PARMENSE	44.85	10.23	5.61	913
146	1445	3	21	13	30		VERONA	45.438	10.994	4.25	906
159	1465	4	6	21	30		VERONA	45.12	10.661	4.25	
160	1465	4	15	14	40		REGGIO EMILIA	44.7	10.63	4.8	913
165	1471						BRESCIA	45.544	10.214	4.25	907
171	1474	3	11	20	30		MODENA	44.647	10.925	4.61	912
181	1485	9	1				PADOVA	45.355	11.722	4.32	
185	1491	1	24	23	30		VERONA	45.42	11.43	5.27	906
219	1521	1	26	10	30		BRESCIANO	45.55	10.217	4.53	907
221	1522	10	5	8			CREMONA	45.136	10.024	4.25	
235	1540	9	1				BRESCIA	45.533	10.217	4.53	907
242	1547	2	10	13	20		REGGIO EMILIA	44.7	10.63	5.05	913
264	1572	6	4	22			PARMA	44.851	10.422	4.93	913
266	1574	3	17	3	40		FINALE EMILIA	44.833	11.294	4.92	912
271	1576	9	26	6			BERGAMO	45.667	9.667	4.53	907
281	1591	5	24				REGGIO EMILIA	44.697	10.631	4.53	913
284	1593	3	8				BERGAMO	45.694	9.67	4.8	907
302	1606	8	22				BERGAMO	45.694	9.67	4.8	907
304	1608	1	6				REGGIO EMILIA	44.697	10.631	4.53	913
333	1628	11	4	15	15		PARMA	44.801	10.329	4.99	913
346	1642	6	13	22			BERGAMO	45.694	9.67	4.8	907
362	1660						MODENA	44.647	10.925	4.25	912
365	1661	3	12				MONTECCHIO	45.73	10.07	4.99	907
374	1671	6	20				RUBIERA	44.709	10.814	5.23	912
383	1683	5	25				V. GIUDICARIE	46.024	10.864	4.76	
411	1693	7	6	9	15		GOITO	45.28	10.644	5.13	906
501	1732	2	27				PARMA	44.801	10.329	4.53	913
511	1738	11	5		30		PARMA	44.906	10.028	5.31	913
550	1756	2	25	21			ROSE'	45.75	11.75	4.25	906
583	1771	8	15				SARNICO	45.667	10	4.53	907
589	1774	3	4				PARMA	44.801	10.329	4.53	913
620	1781	9	10				CARAVAGGIO	45.497	9.644	4.8	907
631	1783	7	28				VAL DI LEDRO	45.878	10.808	4.8	906

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
647	1786	4	7				PIACENZA	45.298	9.595	5.18	911
686	1799	5	29	19			CASTENEDOLO	45.403	10.271	4.84	906
694	1802	5	12	9	30		VALLE DELL'OGGIO	45.42	9.85	5.54	907
703	1806	2	12				NOVELLARA	44.862	10.671	5.11	912
714	1810	5	1				MALCESINE	45.764	10.809	4.53	906
717	1810	12	25		45		NOVELLARA	44.898	10.712	5.15	912
730	1815	2	26	6			SCHIO	45.7	11.383	4.25	906
740	1818	12	9	18	52		LANGHIRANO	44.668	10.286	5.55	913
761	1826	6	24	12	15		SALO'	45.6	10.517	4.4	906
780	1829	9	6	19	30		CREMONA	45.136	10.024	4.8	
791	1831	9	11	18	15		REGGIANO	44.75	10.55	5.43	912
798	1832	3	13	3	30		REGGIANO	44.77	10.47	5.57	913
827	1839	8	9	8	45		BAGNOLO MELLA	45.5	10.167	4.53	907
840	1841	10	15	22			SANGUINETTO	45.167	11.11	4.53	
877	1851	8	3				GIUDICARIE	45.938	10.561	4.7	
906	1857	2	1				PARMENSE	44.749	10.48	5.12	913
950	1866	8	11	23			MONTE BALDO	45.727	10.783	4.99	906
956	1868	2	20	20			GARDA OR.	45.709	10.774	4.53	906
957	1868	5	22	21			ROVERETO	45.888	10.869	4.25	
984	1873	5	16	19	35		REGGIANO	44.612	10.701	4.93	913
1005	1876	4	29	10	49		MONTE BALDO	45.75	10.78	4.74	906
1021	1877	10	1	7	27		MALCESINE	45.764	10.809	4.8	906
1040	1879	2	14				GARGNANO	45.607	10.536	4.25	906
1076	1882	2	27	6	30		ROVETTA	45.878	9.926	4.7	907
1082	1882	9	18	19	25		MONTE BALDO	45.72	10.77	4.99	906
1099	1884	9	12				PONTOGLIO	45.57	9.856	4.53	907
1103	1885	2	26	20	48		SCANDIANO	45.208	10.169	5.06	
1124	1886	10	15	2	20		COLLECCHIO	44.75	10.306	4.53	913
1131	1887	5	20	4	12		OGGIONO	45.833	9.4	4.25	
1170	1891	6	7	1	6	14	VALLE D'ILLASI	45.57	11.17	5.61	906
1171	1891	6	15				PESCHIERA	45.43	10.767	4.53	906
1180	1891	12	22				SONDRIO	46.139	9.829	4.25	903
1181	1892	1	5				GARDA OCC.	45.591	10.482	4.7	906
1196	1892	8	9	7	58		TREGNAGO	45.567	11.167	4.99	906
1209	1894	2	9	12	48	5	TREGNAGO	45.567	11.15	4.99	906
1217	1894	11	27				FRANCIACORTA	45.568	10.192	4.69	907
1241	1895	10	12	1	45		M. ALTISSIMO NAGO	45.767	10.833	4.53	906
1262	1897	1	27	1	35		RECOARO	45.748	11.202	4.25	906
1305	1898	11	16				SALO'	45.636	10.458	4.25	906
1337	1901	1	20	6	30		POGGIO RUSCO	45	11.1	4.53	

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
1353	1901	10	30	14	49	58	SALO'	45.58	10.5	5.55	906
1455	1907	4	25	4	52		BOVOLONE	45.318	11.073	4.67	906
1474	1908	3	15	7	50		CRESPADORO	45.623	11.207	4.77	906
1482	1908	6	28	3	19	58	FINALE EMILIA SUD	44.8	11.3	4.53	912
1523	1910	1	23	1	50		PONTE DELL'OLIO	44.9	9.633	4.25	911
1590	1913	11	25	20	55		VAL DI TARO	44.597	10.279	4.55	913
1622	1915	10	10	23	10		REGGIO EMILIA	44.732	10.469	4.78	913
1664	1918	1	13	12			LODI	45.333	9.5	4.56	911
1672	1918	4	24	14	21		LECCHESE	45.778	9.631	4.86	907
1674	1918	7	19	19	3		SALO'	45.326	10.438	4.17	906
1696	1919	11	23	1	50		BRESCIANO	45.656	10.245	4.46	907
1739	1923	6	28	15	12		FORMIGINE	44.595	10.799	5.05	913
1808	1928	6	13	8			CARPI	44.797	10.872	4.54	912
1843	1930	9	24	19	10	55	SCANDIANO	44.6	10.6	4.53	913
1854	1931	4	14	22	13		GIUDICARIE	45.973	10.665	4.6	
1872	1932	2	19	12	57	11	MONTE BALDO	45.63	10.73	4.77	906
1889	1934	3	23	1	46	50	PISOGNE	45.8	10.1	4.25	907
1916	1936	6	22	3	44	55	CASTELNUOVO	45.5	10.767	4.53	906
1928	1937	6	7	22	2		PEJO	46.343	10.551	4.36	
1931	1937	9	17	12	19	5	PARMA OVEST	44.8	10.3	4.15	913
1960	1940	5	1	9	36	5	NOCETO	44.8	10.183	4.61	913
1981	1942	6	20	14	42		ARCO	45.916	10.882	4.09	906
2013	1947	12	25	20	42	34	GARDONE TROMPIA	45.7	10.2	4.46	907
2017	1948	7	17	19	34	3	BAZENA	45.9	10.4	4.69	907
2047	1950	5	6	3	43		REGGIANO	44.731	10.67	4.01	912
2054	1951	5	15	22	54		LODIGIANO	45.254	9.55	5.09	911
2144	1960	2	19	2	30		GIUDICARIE	45.806	10.625	4.53	906
2169	1961	11	23	1	12	5	CAPRINO BERGAMASCO	45.717	9.567	4.53	907
2230	1967	4	3	16	36	18	CORREGGIO	44.8	10.75	4.36	912
2231	1967	5	15	10	3	34	S. POLO	44.6	10.4	4.53	913
2255	1968	6	22	12	21	37	POSINA	45.8	11.3	4.53	906
2277	1970	4	19	18	16	32	GAVARDO	45.65	10.45	4.16	906
2278	1970	5	3	4	17	41	S. POLO	44.633	10.383	4.49	913
2303	1971	7	15	1	33	23	PARMENSE	44.82	10.35	5.59	913
2313	1972	6	25	17	10	49	CALESTANO	44.6	10.2	4.29	913
2351	1975	1	11	15	54		GARDA OR.	45.621	10.733	4.18	906
2357	1975	6	1	13	25	56	CIMA BRENTA	46.2	10.9	4.25	
2372	1976	12	13	5	24		RIVA DEL GARDA	45.894	10.799	4.6	906
2437	1983	11	9	16	29	52	PARMENSE	44.765	10.27	5.16	913
2455	1986	12	6	17	7	19	BONDENO	44.879	11.334	4.53	912

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
2456	1987	5	2	20	43	53	REGGIANO	44.797	10.697	4.98	912
2458	1987	5	24	10	23	25	GARDA	45.722	10.661	4.47	906
2470	1989	9	13	21	53	60	PASUBIO	45.87	11.172	4.88	906
2503	1995	10	29	13		28	BRESCIA-BERGAMO	45.709	9.927	4.39	907
2509	1996	10	15	9	55	60	CORREGGIO	44.782	10.683	5.26	912

Per quanto concerne le denominazioni delle zone sorgente si fa riferimento a “Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo – Marzo 2004” a cura di C. Meletti e G. Valensise (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM 3274/2003 - INGV).

Per la zona sismogenetica di riferimento (ZS9 906) i terremoti di magnitudo più elevata ($M > 5$), avvenuti in epoca antica, sono segnalati nel 1117 ($M=6.49$) con epicentro nel veronese, nel 1222 ($M=6.05$) con epicentro nel Basso Bresciano, nel 1491 ($M=5.27$) con epicentro a Verona, nel 1693 ($M=5.13$) con epicentro a Goito e nel 1891 ($M=5.61$) con epicentro in Valle d’Illasi.

Nel secolo scorso per l’area gardesana sono i terremoti con epicentro a Salò e Monte Baldo che hanno fatto segnare i valori di magnitudo più elevati (1901 $M=5,55$ e 1932 $M=4,77$) e più recentemente si segnalano i sismi del 1976 ($M=4.60$) e del 1987 ($M=4.47$) rispettivamente con epicentro a Riva del Garda e nell’area del Garda. Nel veronese si segnalano nel 1907 e nel 1908 i sismi di Bovolone e Crespadoro ($M=4.67$ e $M=4.77$) e nel 1989 di Pasubio ($M=4.88$).

Anche l’evento sismico localizzato in Friuli ($M=5.8$ e 6.6 del 1976) ed i sismi di magnitudo maggiore avvenuti nel recente passato nella Regione Dinarica hanno prodotto un certo risentimento nell’area bresciana e bergamasca.

INGV).

Successivamente al 2002 (anno di riferimento della tabella in allegato) si sono verificati altri eventi, seppure di magnitudo non elevata, con epicentro nel Bresciano (area sebina e area gardesana meridionale). Si segnala invece per intensità l’evento sismico verificatosi il 24/11/04, con magnitudo 5.2 e con epicentro nell’immediato entroterra di Salò (Figura 7).



Figura 7: Area epicentrale del sisma del 24/11/2004

L'epicentro del sisma si colloca in corrispondenza dei *thrust* del Sistema delle Giudicarie (Figura 8), affioranti nel settore montano prealpino (dove generano i sismi gardesani) e sepolti in corrispondenza della Pianura Padana (dove generano i sismi di Brescia, nel 1222, e della Valle dell'Oglio, nel 1802). Si noti il generale accordo tra la localizzazione degli eventi sismici e l'andamento delle strutture tettoniche.

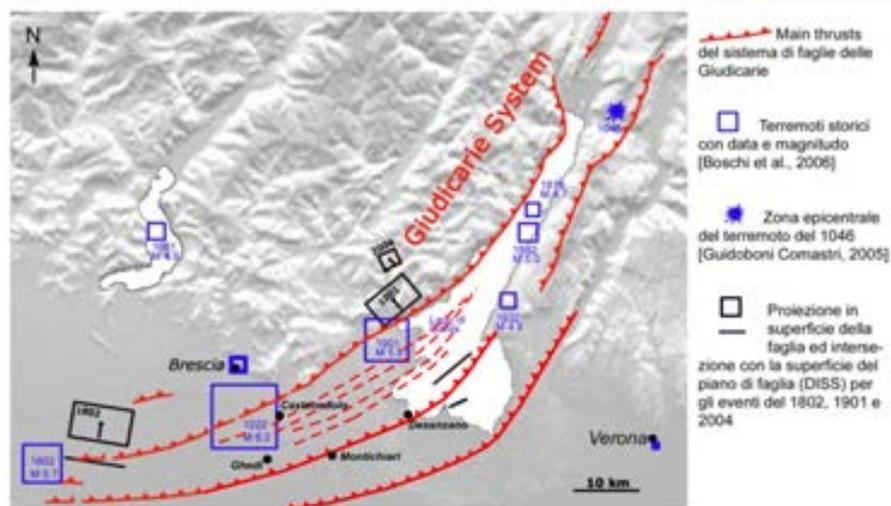


Figura 8: Schema sismotettonico dell'area Gardesana con proiezione dei principali sismi storici dell'area (modificato da "Progetto S3 - Scenari di scuotimento in aree di interesse prioritario e/o strategico - F. Pacor e M. Mucciarelli - Luglio 2007)

Si segnala un **recente terremoto di Magnitudo 4.0** avvenuto il giorno **28 Agosto 2014** e localizzato nel distretto sismico *Zona Lago di Garda*, a circa 2,6 km di profondità e pochi chilometri di distanza dalle coste di **Gargnano** (Figura 9); è seguita nella stessa area e nella medesima giornata (h. 19.52) un ulteriore evento sismico di magnitudo 2.6 registrato a circa 9,2 km di profondità.

Un terremoto di **magnitudo 2.7** è stato rilevato nei giorni seguenti nel distretto sismico *Prealpi Lombarde* e più precisamente in *Val Sabbia* il **giorno 4 Settembre 2014** alle ore 4.56 (Figura 10).



Figura 9: Area epicentrale del sisma del 28/08/2014 ore 19:49 (M= 4.0)



Figura 10: Area epicentrale del sisma del 04/09/2014 ore 4:56 (M= 2.7)

Anche in questo caso l'epicentro dei sismi si colloca in corrispondenza dei *thrust* del Sistema delle

Giudicarie (Figura 8) confermando l'accordo tra la localizzazione degli eventi sismici gardesani e prealpini e l'andamento delle medesime strutture tettoniche.

Si segnalano infine nel 2011 e nel 2012 due "crisi sismiche" che hanno interessato il nord Italia con terremoti che hanno quasi raggiunto o superato magnitudo 5.



Figura 11: Localizzazione del sisma principale dello sciame sismico dell'estate 2011 (stella rossa) e della serie di sismi verificatisi nell'inverno 2012 (stelle bianche)

Lo **sciame sismico dell'estate 2011** ha avuto come scossa più significativa il terremoto del 17 Luglio 2011 di magnitudo 4.7, con area epicentrale a ridosso dei confini provinciali di Mantova e Rovigo (come si evince dalla Figura 11), nel distretto sismico denominato *Pianura Padana Lombarda* dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.).

Tali sismi così come quelli con le massime intensità storiche riscontrate nei comuni del sud-ovest della Provincia di Mantova, sono da collegarsi con la vicinanza all'area sismogenetica del Reggiano-Ferrarese - Parmense (zone sismogenetiche ZS9 → 912-913, Figura 4) e con la presenza dell'edificio appenninico (*thrust* nord-vergenti) sepolto al di sotto delle coltri quaternarie dei depositi di pianura.

Lo **sciame sismico dell'inverno-primavera 2012** è stato caratterizzato da una serie di sismi (Figura 11) le cui scosse più intense sono avvenute con il terremoto del 25 Gennaio 2012 di magnitudo 4.2 (area epicentrale posta a circa 10 km dalla città di Verona nel distretto sismico *Prealpi Venete*) e con i terremoti del 25 e 27 Gennaio 2012 rispettivamente di magnitudo 4.9 e 5.0 (area epicentrale tra Parma e Reggio Emilia nel distretto sismico denominato *Pianura Padana Emiliana* il primo e nel distretto sismico denominato *Frignano* il secondo). Il 18 Marzo è stato registrato il sisma di magnitudo inferiore (M=3.1), che ha avuto luogo con area epicentrale nei pressi di Ala (TN), nel distretto sismico denominato *Lago di Garda*.



In primavera si è attivata la sequenza sismica di Modena-Ferrara del Maggio 2012 che ha compreso il terremoto del 20 Maggio 2012 di magnitudo 5.9, avvenuto alle ore 04:03:52 italiane, con area epicentrale posta presso Finale Emilia-Mirandola (MO) (Figura 12), nel distretto sismico *Pianura Padana Emiliana*. Seguono nella stessa area, nelle giornate del 20-21 Maggio, oltre 190 repliche tra cui un sisma di magnitudo 5.1 (Figura 13) e ben dieci sismi con magnitudo compresa tra 4 e 5 (Figura 14).

Figura 12: Area epicentrale del sisma del 20/05/2012 ore 4:03 (M= 5.9)



Figura 13: Area epicentrale del sisma del 20/05/2012 ore 15:18 (M= 5.1)

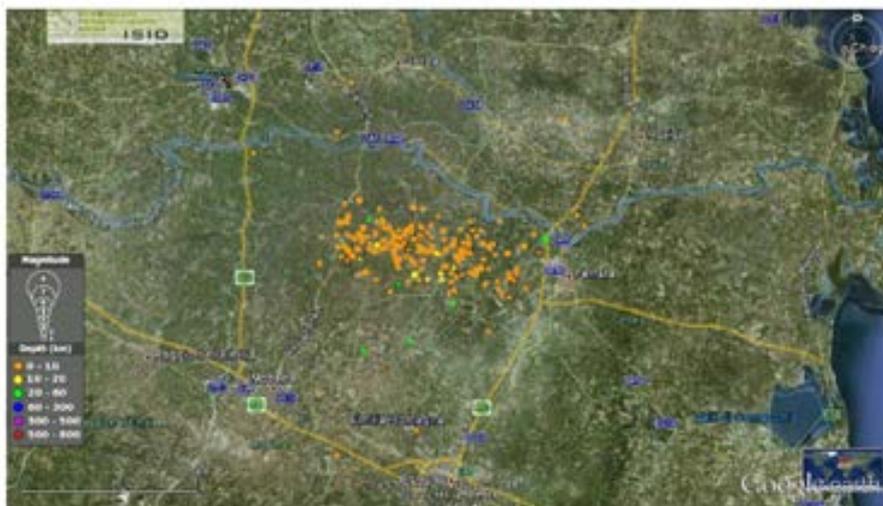


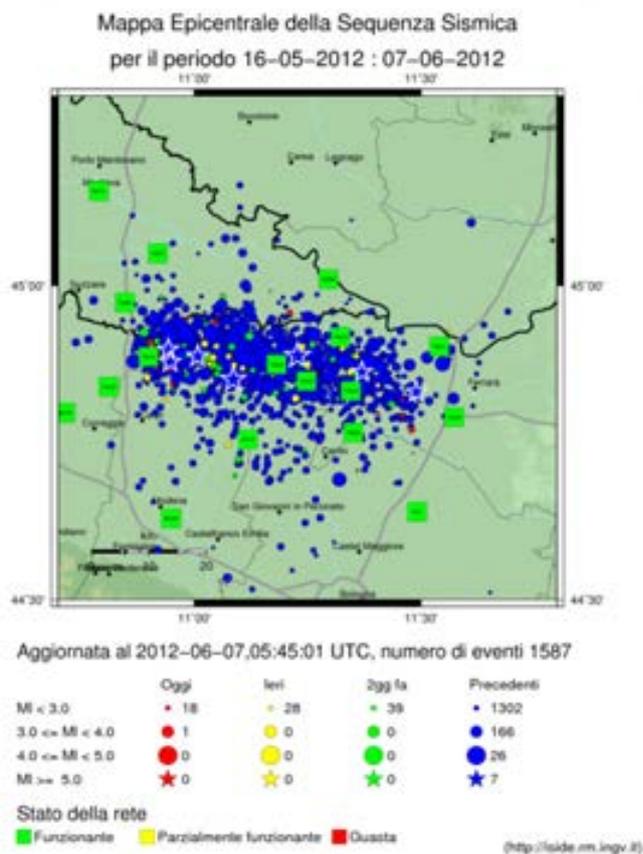
Figura 14: Mappa epicentrale aggiornata alle 19 del 21 Maggio 2012. Le stelle indicano i terremoti di magnitudo maggiore di 4. L'intera struttura delineata dalle repliche si estende per quasi 40 km in senso Est-Ovest tra la bassa modenese e la periferia Ovest di Ferrara (fonte: *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Comunicato del 21/05/2012*).

La distribuzione degli epicentri mostra chiaramente che tutte le scosse siano riferibili ad un'articolata e complessa struttura tettonica compressiva a direzione circa E-W appartenente alla porzione frontale, sepolta, dell'Appennino settentrionale (arco sepolto ferrarese).

La serie sismica è proseguita intensamente fino alla data del 07 Giugno 2012 con un numero complessivo di 1587 eventi.

Nella mappa epicentrale della sequenza sismica elaborata da INGV (Figura 15) si evidenzia la progressiva attivazione di un'area sempre più ampia della struttura tettonica con spostamento dell'attività verso Ovest; la sequenza ha compreso un ulteriore terremoto di magnitudo molto elevata ($M=5.8$) avvenuto alle ore 9 del giorno 29 Maggio e, in totale, ben 7 scosse sismiche con magnitudo $M > 5$.

Figura 15 – (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Comunicato del 07/06/2012).



Durante la stagione estiva ed autunnale 2012 l'attività sismica in queste aree ha proseguito seppure con sismi di intensità minore, con un numero complessivo di eventi registrati alla data del 1 Ottobre pari a 2466 sismi (di cui 2241 con $M < 3$, 189 con $3 < M < 4$; 27 con $4 < M < 5$, e 7 con $M > 5$); si segnala un terremoto avvenuto il giorno 3 Ottobre c.a. di Magnitudo pari a 4.5, avvenuto alle ore 16:41 italiane, con area epicentrale posta in prossimità dei Comuni Bettola-Farini-Morfasso (PC), nel distretto sismico denominato *Valle del Trebbia*, alle medesime latitudini dei terremoti parmensi-ferraresi ma verso quadranti più occidentali; le strutture tettoniche attivate mostrano meccanismi di attivazione trascorrenti.

Nel comunicato di aggiornamento *Terremoti in Pianura Padana* redatto il 5 Novembre 2012 dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e consultabile sul sito internet <http://terremoti.ingv.it/it/ultimi-eventi/842-terremoti-in-pianura-padana-emiliana.html> si evidenzia come non vi sia stato negli ultimi mesi dell'anno 2012 un incremento significativo sia per intensità che per numero degli eventi sismici (il numero di eventi registrati tra 1 Ottobre 2012 e 5 Novembre 2012 è pari a 28 sismi con $M < 3$ – Figura 16). Potrebbe pertanto essere in fase di esaurimento la "crisi sismica" iniziata nel Gennaio 2012; si rileva altresì che contestualmente alla diminuzione di questa attività si siano attivati altri distretti sismici italiani seppure con magnitudo massime di minore entità.

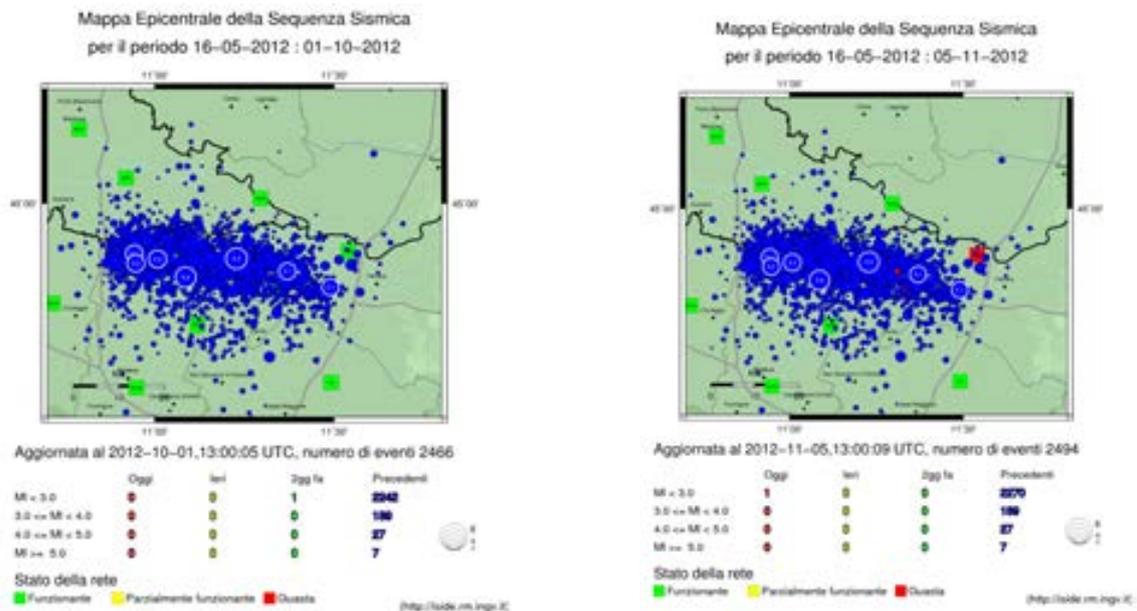


Figura 16 – (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Comunicato del 01/10/2012 e Comunicato del 05/11/2012).

Appare in ogni caso plausibile che i recenti sismi italiani, seppure ubicati in zone sismogenetiche diverse e caratterizzati da profondità ipocentrali e meccanismi focali differenziati e peculiari di sistemi di faglie differenti, siano riferibili ad un unico scenario “geodinamico” a larga scala. Infatti l’intera regione mediterranea è stata interessata, nello stesso periodo, da una fase di marcata attività sismica lungo i margini delle placche tettoniche ed in particolare della microplacca adriatica, come esemplificato dalla mappa dei sismi di seguito riportata e relativa al giorno 1 Febbraio 2012 e 30 Maggio 2012 (Figura 17).

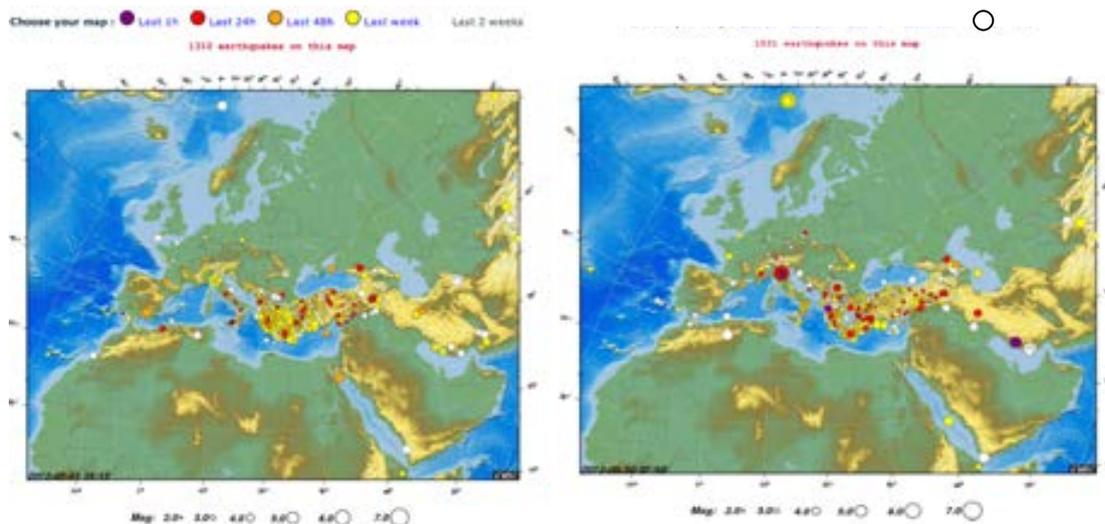


Figura 17 – Mappe dei sismi del 1 Febbraio e del 30 Maggio 2012 (European Mediterranean Seismological Centre).

Peraltro la mappa dei sismi del giorno 12/02/2013 (Figura 18) mostra una significativa e generalizzata diminuzione di attività tellurica nell’area mediterranea rispetto all’anno 2012.

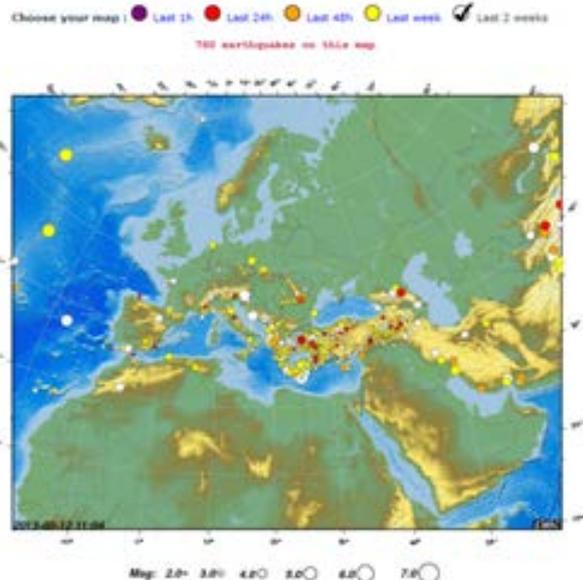


Figura 18 – Mappe dei sismi del 12 Febbraio 2013 (European Mediterranean Seismological Centre).

Una sostanziale conferma della ricostruzione sopraproposta dei recenti eventi sismici che hanno interessato l’area padana viene dalla lettura dello studio *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain* (Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise, Luglio 2014).

3.2 Sismicità recente

L'area bresciana/gardesana è stata interessata negli **ultimi anni** da numerosi eventi sismici di **Magnitudo $M > 2$** , con aree epicentrali tra le provincie di Brescia, Trento e Verona.

Una recente serie di sismi sono avvenuti tra i comuni di Tignale e Gargnano: in data 04 Febbraio 2018 è avvenuto un sisma di magnitudo 2,7 localizzato a profondità di circa 11 km, ed a pochi chilometri ad W di Gargnano; nella mattinata del 03 Settembre 2017 sono stati registrati sismi di Magnitudo compresa tra 2.2 e 3.4, nel medesimo distretto sismico della *Zona Lago di Garda*, e localizzati a circa 3-5 km di profondità (*Fig. 19a-b-c*).

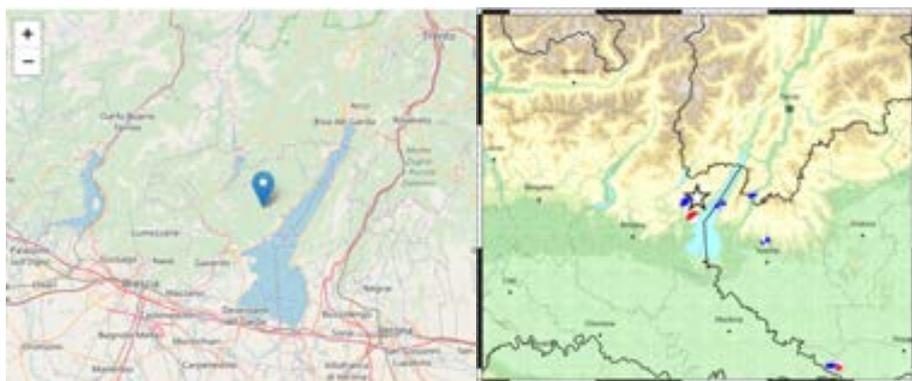


Figura 19a: Area epicentrale del sisma del 04/02/2018 ore 19:57 ($M=2.7$) - Meccanismo Focale



Figura 19b: Area epicentrale del sisma del 03/09/2017 ore 11:15 ($M=3.4$) e ore 11:18 ($M=2.3$) - Meccanismo Focale



Figura 19c: Area epicentrale del sisma del 03/09/2017 ore 11:22 ($M=2.2$) - Meccanismo Focale

Un terremoto di Magnitudo 2.5 è avvenuto, nel medesimo distretto sismico della *Zona Lago di Garda* il giorno **23 Luglio 2017**, localizzato a circa 2 km SW di Vallio Terme (BS) a circa 4 km di profondità (Fig. 19c).



Figura 19c: Area epicentrale del sisma del 23/07/2017 ore 20:07 ($M= 2.5$) - Meccanismo Focale

Si segnalano inoltre nel distretto sismico *Zona Lago di Garda* due **sismi entrambi di Magnitudo 3.6** avvenuti il giorno **21 Luglio 2017** e il giorno **04 Giugno 2017** e localizzati rispettivamente a circa 4 km e 10 km di profondità entro il bacino lacustre a circa 4-7 Km dai comuni di Gargnano (BS), San Zeno di Montagna (VR), Torri del Benaco (VR) e Toscolano-Maderno (BS).

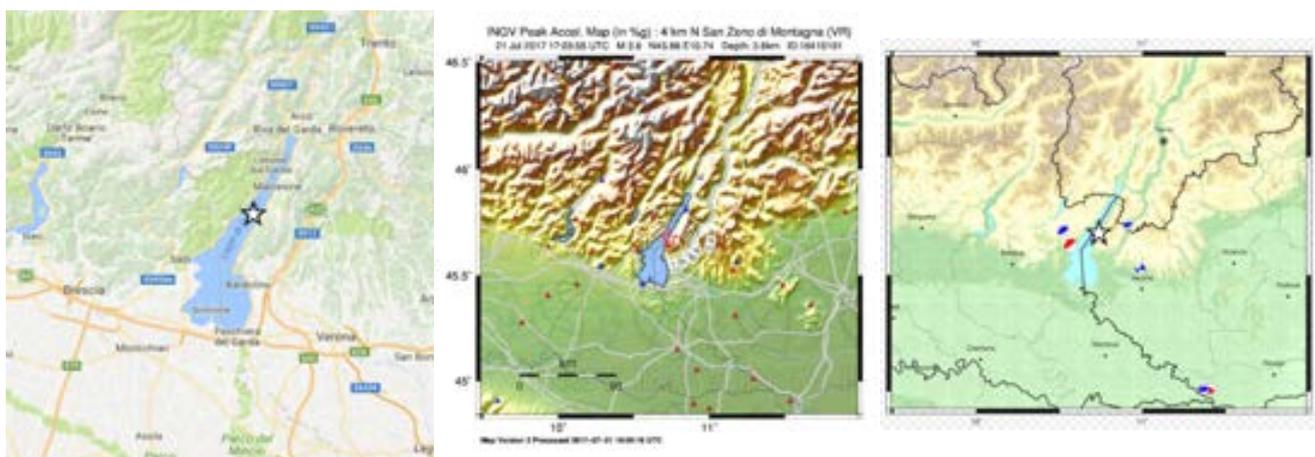


Figura 19d: Area epicentrale del sisma del 21/07/2017 ore 19:03 ($M= 3.6$) - Mappa di scuotimento – Meccanismo Focale

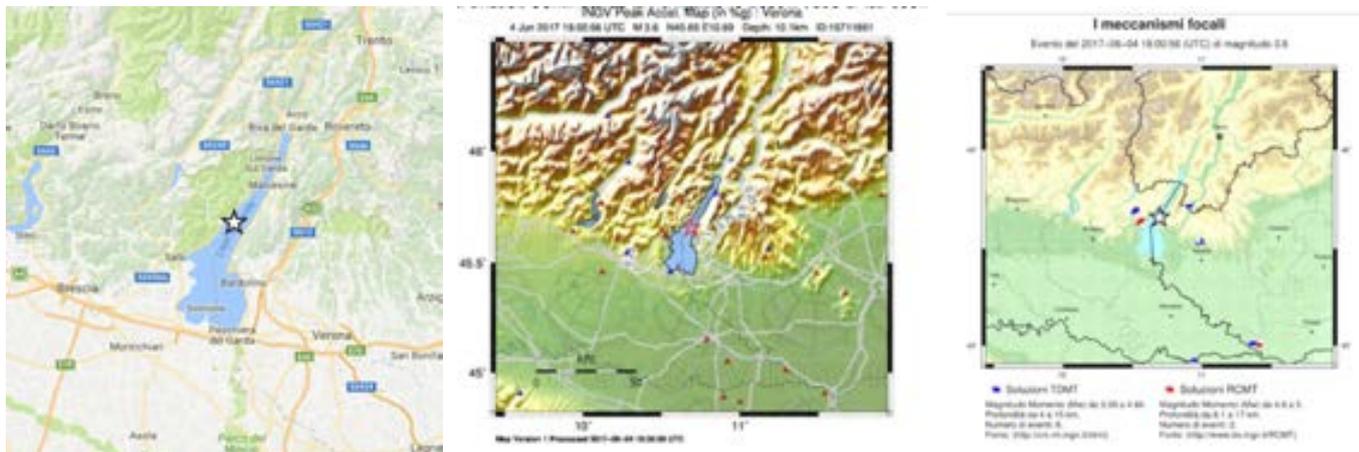


Figura 19e: Area epicentrale del sisma del 04/06/2017 ore 20:00 ($M=3.6$) - Mappa di scuotimento – Meccanismo Focale

Sismi di Magnitudo 2.5 (Fig. 19f) e **3.00** (Fig. 19g) sono avvenuti, nel medesimo distretto sismico della *Zona Lago di Garda* il giorno **15 Aprile 2016**, localizzato in Rovereto/Brentonico (TN) a circa 4-6 km di profondità e pochi chilometri di distanza dalle coste di **Riva del Garda** (circa 15 km), ed il giorno **03 Febbraio 2016**, a circa 13 km di profondità e pochi chilometri di distanza dalle coste di **Tremosine/Limone** (Fig. 19g); è seguito nella stessa area e nella medesima giornata del 03 Febbraio 2016 (h. 23.59) un ulteriore evento sismico di magnitudo 2.0 registrato a circa 14 km di profondità.

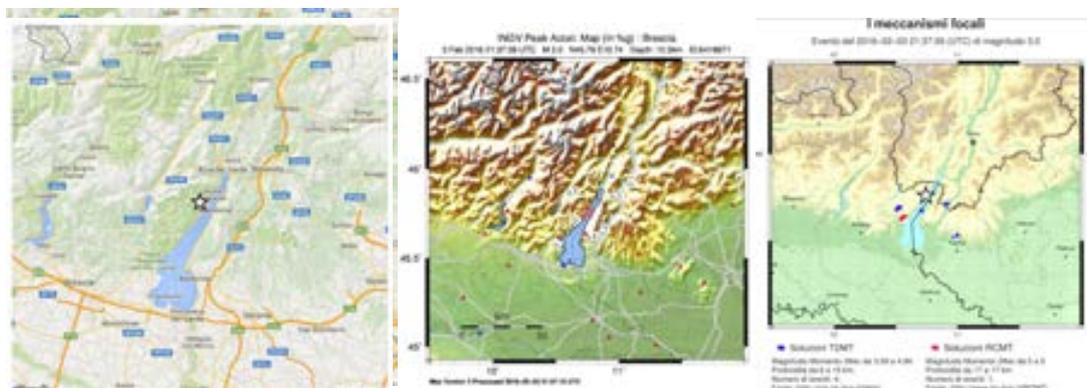


Figura 19g: Area epicentrale del sisma del 03/02/2016 ore 22:37 ($M=3.0$) - Mappa di scuotimento – Meccanismo Focale

In provincia di Brescia è stato registrato in Dicembre 2015 un sisma di **Magnitudo 2.9** con area epicentrale in **Sarezzo/Villa Carcina (Val Trompia)** ed a circa 3 km di profondità (Fig. 20).



Figura 20: Area epicentrale del sisma del 15/12/2015 ore 01:15 (M= 2.9) (fonte INGV)

Per l'interpretazione strutturale e sismotettonica dei sismi sopradescritti si rimanda al paragrafo precedente (§3.1) ed in particolare allo schema sismotettonico dell'area Gardesana e Bresciana (Fig. 8).

3.3 Normative Sismiche – Valori di a_g

La normativa sismica (D.M. 16 Gennaio 1996) in Italia, anteriormente al Marzo 2003, suddivideva il territorio nazionale in tre categorie di pericolosità (elevata, media e bassa). Per ciascuna categoria sono assegnati un grado di sismicità (S) ed un coefficiente di intensità sismica ($C=(S-2)/100$). Lo spettro di progetto $S_a(T)$ si ottiene moltiplicando il coefficiente C (pari a 0.10g - 0.07g - 0.04g in ordine decrescente di pericolosità sismica) per una forma spettrale $R(T)$ indipendente dalle condizioni del sottosuolo. Queste normative sismiche non tengono conto del ruolo del terreno sulla modifica di forme ed ordinate spettrali, se non con la moltiplicazione dello spettro per il coefficiente di fondazione che di regola è unitario, salvo che per “terreni particolarmente compressibili” per i quali si consiglia di incrementare fino a 1.3.

L'Ordinanza PCM n° 3274 del 20/03/03 e Norme Tecniche allegate, che inserisce il territorio di **Lonato d/G in zona sismica 3**, fa riferimento a metodologie più recenti in cui il moto sismico è caratterizzato anche in relazione alle condizioni locali. In tale direzione si è già mosso l'Eurocodice 8 (EC8) che stabilisce le regole per il progetto e la costruzione di strutture in zona sismica per i paesi membri della Comunità Europea. Secondo l'EC8, come anche secondo l'OPCM 3274/03, i territori nazionali vengono suddivisi in zone sismiche in funzione della pericolosità locale, descritta in termini di accelerazione orizzontale massima attesa alla superficie di un sito rigido di riferimento (a_g). I valori di accelerazione massima fissati nella nuova ordinanza per le zone 1, 2, 3 e 4 (rispettivamente 0.35g - 0.25g - 0.15g - 0.05g) recepiscono la proposta del G.N.D.T. (1985) e risultano maggiori di quelli della precedente normativa. La normativa allegata all'OPCM 3274/03 richiede alle Regioni di eseguire la valutazione di a_g sul proprio territorio e quindi di assegnarli ad una delle zone della nuova classificazione.

La Regione Lombardia con D.G.R. 7/14964 del 7/11/03 ha fornito alcune disposizioni preliminari per l'attuazione dell'OPCM 3274/03, confermando la classificazione dei territori comunali lombardi riportata nell'Ordinanza e l'adeguamento alle norme tecniche allegate.



In ogni caso la normativa sismica ed i parametri relativi a ciascun territorio risultano in veloce e continua revisione, soprattutto nell'ambito della convenzione tra INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) e DPC (Dipartimento Protezione Civile) che prevede l'assistenza per il completamento e la gestione della "mappa di pericolosità sismica" prevista dall'OPCM 3274.

Già l'**Ordinanza P.C.M. 3519 del 28/04/06** fornisce una revisione dei valori di a_g sul territorio nazionale ed inserisce il territorio di **Lonato d/G in zona sismica 2**, ed in particolare nella sottozona caratterizzata da **valori di a_g compresi tra 0.150 e 0.175** (accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni)



Nell'ambito della revisione 2008 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) sono state adottate le stime di pericolosità sismica del progetto S1, concludendo il percorso iniziato nel 2003. Tali stime superano il concetto di classificazione a scala comunale e sulla base di 4 zone sismiche. Tuttavia le 4 zone sismiche mantengono una funzione prevalentemente amministrativa.

La Regione Lombardia ha stabilito nella D.G.R. n° 9/2616 del 30/11/2011 (punto 1.4.3) che ***“la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell’OPCM 3274/03) individua unicamente l’ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria”*** e specifica altresì che ***“ai sensi del D.M. 14/01/2008, la determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione non è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, secondo i valori riportati nell’All. B al citato D.M.”***.

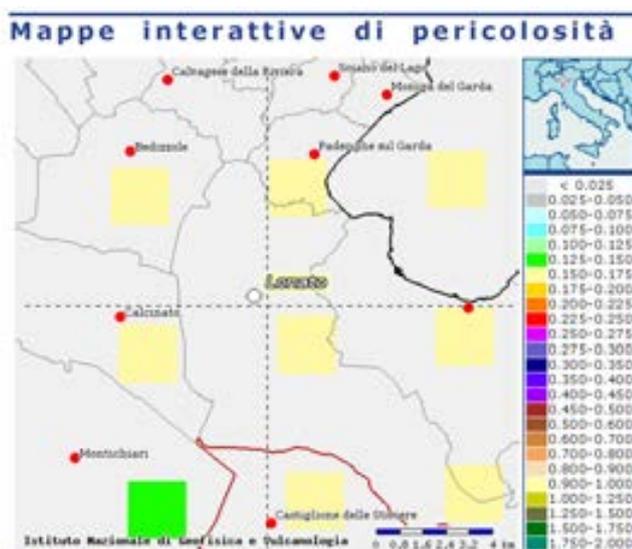
I dati riportati nell’All. B del D.M. 14/01/2008, la cui applicazione è confermata al §3.2 delle NTC 2018, coincidono con quelli riportati nell’Ord. 3519/2006, e sono in ogni caso determinabili mediante le coordinate geografiche e l’utilizzo di programmi applicativi, quali “Spettri-NTC ver.1.0.3” (vedi paragrafi successivi).



Di recente la Regione Lombardia con D.G.R. n. X/2129 del 11/07/14 ha approvato un “**Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)**”, che recepisce definitivamente la classificazione dell’OPCM 3519/2006 e che, sulla base della successiva D.G.R. 10 ottobre 2014 - n. X/2489, è entrato in vigore il 10 Aprile 2016.

La nuova D.G.R. ha pertanto confermato per il **Comune di Lonato d/G (BS)** la **zona sismica 2** con valore di a_{gmax} **0,15926** anche a livello regionale e pertanto ai fini amministrativi pianificatori. Ciò ha di fatto sanato una difformità di classificazione nazionale/regionale che creava non pochi problemi tecnico-progettuali.

Si forniscono in proposito i dati di pericolosità sismica riportati sul link <http://zonesismiche.mi.ingv.it> relative al sito d’interesse:



Già con l’entrata in vigore del Testo Unico 2008, che definisce con D.M. 14/01/08 le “*Norme Tecniche per le Costruzioni*”, è divenuto vigente l’obbligo di eseguire la progettazione in prospettiva sismica in tutte le aree classificate in zona sismica; tale obbligo risulta reiterato dal nuovo Testo Unico 2018 (D.M. 17/01/2018).

Le NTC 2018 non ammettono in nessun caso metodi di calcolo previsti dalle normative precedenti alle NTC 2008 (Verifiche alle Tensioni Ammissibili secondo il D.M. 14/02/92, il D.M. 20/11/87 ed il D.M. 11/03/88).

La recente L.R. 33 del 12/10/2015 definisce le “*Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche*” e di fatto trasferisce ai comuni, singoli o associati, numerose funzioni prima assegnate alla Regione (di cui agli art. 61, 90 comma 2, 93 comma 1, 94 comma 1, 96, 97, 99, 100 e 104 del D.P.R. 380/2001) ed in particolare inerenti “*Norme per le costruzioni in zone sismiche*” e “*Vigilanza sulle costruzioni in zone sismiche*”; essa è definitivamente entrata in vigore con la pubblicazione della D.G.R. 10/5001 del 30/03/2016 “*Approvazione delle Linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai Comuni in materia sismica (artt.3, comma 1 e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)*”, sul B.U. di Regione Lombardia del 07 Aprile 2016.

Ciò comporta, tra l’altro, specifiche prescrizioni nella redazione degli elaborati tecnici a corredo dei progetti e, in zona sismica 2, l’obbligo di acquisire l’Autorizzazione Sismica di cui all’Art.8 comma 1





Phd. Geol. Rosanna Lentini
Dott. Geol. Damiano Scalvini
Dott. Geol. Elisa Lancini
Dott. Geol. Mirko Braiato
Dott. Geol. Nicoletta Palazzi

della L.R. 33/2015, da rilasciare a carico dei Comuni entro 60 gg dalla data di protocollo (fatto salvo il ricorso da parte del Comune al parere regionale).

Spetta in ogni caso al Progettista la definizione delle normativa cui risulta assoggettato l'intervento di progetto.



4 CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA- Approfondimento sulle caratteristiche Geotecniche dei terreni

Vengono di seguito esposte le metodologie ed i risultati delle campagne d'indagine eseguite nell'Agosto - Settembre 2008 e nel Giugno 2019 entro l'area di progetto sita in *Loc. Campagnoli* a Lonato d/G, finalizzata alla definizione dei seguenti punti:

- ricostruzione stratigrafica e sismostratigrafica dei terreni presenti;
- caratterizzazione geotecnica e geofisica dei terreni di fondazione;
- verifica della presenza di eventuali falde acquifere superficiali ed eventuale misura della soggiacenza.

Per le finalità sopraindicate sono stati inoltre raccolti numerosi dati geognostici, stratigrafici e geofisici, derivanti da indagini eseguite dalla scrivente in aree prossime a quello d'interesse e/o ubicati in contesti omologhi (per ubicazione vd. "*Corografia con ubicazione pozzi e precedenti indagini*" in allegato). Tutte le indagini sono state eseguite secondo le *Prescrizioni e gli oneri contenuti nelle Raccomandazioni A.G.I. (1977)* ed alla presenza costante del geologo.

La campagna d'indagine, nel suo complesso, può essere considerata idonea ad ottemperare a quanto richiesto dal contesto geologico come descritto nei precedenti capitoli di inquadramento (Cap. 2), con riferimento alla caratterizzazione geotecnica-geofisica-idrogeologica del sito di progetto, ed in ogni caso in relazione a quanto richiesto dalle norme di Classe di Fattibilità 2a2d e 2a3c, cui si correlano aree con modeste e consistenti limitazioni d'uso.

E' stata prevista l'acquisizione di dati geofisici entro l'area di interesse in funzione degli scenari di possibile amplificazione litologica (*PSL Z4a*) e dell'applicazione delle normative vigenti (D.M. 17/01/2018), seppure in assenza di obblighi normativi di approfondimenti specifici.

4.1 Sondaggi a carotaggio continuo- Campagna di indagine 2008 (Co. Im. S.r.l.)

Sono stati eseguiti **n. 5 sondaggi spinti fino alla profondità massima di 15 m dal p.c.**; i sondaggi sono stati realizzati a carotaggio continuo mediante perforatrice idraulica montata su cingolato (mod. Beretta T51), con tecnica di avanzamento mediante carotiere semplice (diametro 101 mm) e di tubi di rivestimento (diametro 127 mm). I sondaggi sono stati realizzati, con recupero del 100% dei materiali attraversati ed avanzamento a secco.

Nei fori di sondaggio, in avanzamento con la perforazione, a quote differenti (vedi stratigrafie in allegato), sono state eseguite complessivamente **n. 14 prove S.P.T.**, con maglio a sganciamento automatico.



4.2 Prova di permeabilità in situ

Entro il foro di sondaggio S3 alla profondità di -4.50 m., e pertanto entro l'ambito di NW esterno alla "Fossa di escavazione", è stata eseguita **n. 1 prova di permeabilità in situ a carico costante**, condotta secondo le procedure contenute nelle raccomandazioni A.G.I. (1977). Si tratta di una prova di assorbimento di acqua in terreno di cui si vuole conoscere la permeabilità.

Nel foro di sondaggio viene immessa una quantità di acqua definita, e se ne misurano gli abbassamenti secondo prefissati intervalli di tempo. La stima del coefficiente di permeabilità (k) è stata ricavata utilizzando la formula di Hvorslev (1951), riportata nella tabella allegata.

Viene di seguito sinteticamente riportato il valori del coefficiente di permeabilità (k) ricavato dalla prova:

Sondaggio	Prova	Profondità da p.c.	Litologia dei terreni	Permeabilità
S3	P1	4.50 m	Depositi Fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi	$k = 4.14 \times 10^{-5}$ m/s

Ai depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi presenti entro il settore NW corrispondono valori medi del coefficiente di permeabilità (k), con buona capacità di drenaggio.

Tali valori non possono in nessun caso essere attribuiti ai materiali di riporto presenti entro l'ambito identificato quale "Fossa di Escavazione".

4.3 Scavi esplorativi

La realizzazione degli scavi esplorativi ha confermato l'esistenza di una vecchia fossa tombata con terreni di riporto, con grado di addensamento medio-scarso, che interessa gran parte dell'area d'intervento.

Il settore NW (scavo Sc3) risulta escluso dall'ambito di escavazione, essendo stato sede degli impianti di lavorazione che hanno sostanzialmente preservato il terreno naturale ghiaioso-sabbioso fluvioglaciale.

Localmente (Scavo Sc2) sono state intercettate falde idriche sospese, di tipo discontinuo, a profondità di circa 1.5-2.0 m dal p.c.



4.4 Interpretazione dati derivanti dalla campagna di indagine - Agosto 2008

Schematicamente, in relazione ai risultati delle indagini e con riferimento al p.c. esistente alla data delle indagini, possono essere distinte le seguenti unità:

SETTORE NW

Intorno Sondaggio S3- Scavo 3

Unità RIP → Terreni di riporto

Sottounità RIP 1 → Da 0.00 a -0.70/-1.20 m dal p.c.: in superficie si ha la massicciata di sottofondo del piazzale esistente costituita da terreni ghiaioso-sabbiosi, con ciottoli, da asciutta a debolmente umida e nel complesso addensata.

Sottounità RIP 2 → Da -0.70/-1.20 a -1.20/-2.50 m dal p.c.: seguono materiali di riporto costituiti da ghiaia e sabbia con limo, con ciottoli e con frammenti di laterizi, di colore da marrone a beige scuro, da asciutti a debolmente umidi, il grado di addensamento risulta per lo più medio.

Unità FG → Depositi fluvioglaciali

Da -1.20/-2.50 m a -9.20 m dal p.c.: seguono depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi con ciottoli e trovanti, talora in matrice limosa, di colore marrone debolmente umida, da moderatamente addensati ad addensati; sono presenti livelli o lenti di limo ghiaioso-sabbioso, di colore beige-marrone, debolmente umido e da scarsamente a mediamente addensati.

Unità G → Depositi glaciali

Oltre -9.20 m dal p.c.: si hanno alternanze di livelli sabbioso-limosi e limoso-sabbiosi a tratti debolmente argillosi talora con ghiaia e ciottoli di colore marrone, di livelli argilloso-limosi di colore da marrone/marrone chiaro a grigio/grigio scuro e di livelli ghiaioso-sabbiosi debolmente limosi di colore beige-marrone. Questi depositi risultano da umidi a molto umidi e bagnati oltre -10,70/-12,00 m dal p.c. e si presentano da moderatamente addensati ad addensati o da mediamente consistente a consistente (Nspt caratteristico → 35-50 colpi e >50 colpi).

SETTORE “FOSSA DI ESCAVAZIONE”

Intorno Sondaggi S1-S2-S4-S5 e Scavi Sc1-Sc2-Sc4

Unità RIP → Terreni di riporto

Sottounità RIP 1 → Da 0.00 a -0.70/-2.00 m dal p.c.: in superficie si ha la massicciata di sottofondo del piazzale costituita da terreni prevalentemente ghiaioso-sabbiosi con ciottoli e con trovanti e talora con frammenti di laterizi, da asciutta a debolmente umida, di colore beige-marrone, addensata.

Sottounità RIP 2 → Da -0.70/-2.00 a -9.30/-12.70 m dal p.c.: seguono terreni di riporto e/o rimaneggiati estremamente eterogeni costituiti da sabbie e da ghiaie prevalenti con frazione limoso-argillosa variabile, talora con ciottoli e con frammenti di laterizi di colore da grigio-beige/beige scuro a marrone-beige con livelli più francamente limoso-sabbioso-argillosi con ghiaia e con frammenti di laterizi di colore grigio-scuro/beige-scuro. L'unità si presenta debolmente umida e localmente (sondaggio S5 e Scavo S2) da umida a bagnata e da scarsamente a moderatamente addensata (Nspt caratteristico → 7-15 colpi).

Unità G → Depositi glaciali

Oltre -9.30/-12.70 m dal p.c.: si hanno alternanze di livelli sabbioso-limosi e limoso-sabbiosi a tratti debolmente argillosi talora con ghiaia e ciottoli di colore marrone, di livelli argilloso-limosi di colore da marrone/marrone chiaro a grigio/grigio scuro e di livelli ghiaioso-sabbiosi debolmente limosi di colore beige-marrone. Questi depositi risultano da umidi a molto umidi e bagnati oltre -10,70/-12,00 m dal p.c. e sono da moderatamente addensati ad addensati o da mediamente consistente a consistente (Nspt caratteristico → 35-50 colpi e >50 colpi).

4.4.1 Condizioni di circolazione d'acqua

In accordo con l'assetto idrogeologico della zona (vedi *Carta idrogeologica co ubicazione dei pozzi e della sezione idrogeologica*, in allegato) è stata rilevata la presenza della falda superficiale oltre -11/-12 m dal p.c. (circa 118/119 m s.l.m.) circa al passaggio tra i depositi fluvioglaciali /terreni di riporto ed i depositi glaciali. Tale falda laddove circolante entro i depositi glaciali ricchi di livelli limoso-argillosi risulta avere caratteristiche di semi-confinamento e spessore verticale e continuità laterale per lo più limitati.

Solo localmente (scavo Sc2 e Sondaggio S5) sono stati rilevati fenomeni di circolazione d'acqua a scarsa profondità dal p.c. (1-2 m, entro i materiali di riporto, riferibili a piccole falde sospese discontinue).

Per un maggior dettaglio nella descrizione della stratigrafie dei sondaggi si rimanda ai relativi allegati.

4.5 Indagini sismiche

Per la valutazione delle **velocità $V_{s_{eq}}$ di sito** e del **periodo/frequenza del sito T** sono stati acquisiti presso l'area di realizzazione dell'impianto sportivo dati geofisici mediante sismica attiva e passiva.

In particolare sono stati eseguiti:

- N. 1 **stendimento di sismica attiva multicanale** con acquisizione delle onde superficiale, anche a bassa frequenza, ed analisi dei dati mediante metodologia MASW;
- N. 1 **indagine sismica passiva mediante geofono tridimensionale ed analisi dei dati mediante metodologia HVSR** (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura).



MASW E HVSR

La MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente.

La HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) è una metodologia di indagine geofisica che consente in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito e di conseguenza il suo periodo di sito (T). I dati acquisiti in campo libero potranno essere eventualmente confrontati con i valori stimati per l'edificio e le strutture di progetto.

Mediante l'analisi congiunta MASW-HVSR verrà eseguita la stima dei sismostrati e del parametro normativo $V_{s_{eq}}$ attraverso metodi di modellazione diretta.

L'analisi congiunta permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali (V_s) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico con maggiori punti di vincolo interpretativo e fino a profondità maggiori di quelle di norma raggiungibili con la sola metodologia MASW.



L'elaborazione dei dati è stata quindi eseguita mediante il software winMASW 3C- 7.2 (creato dalla *Eliosoft*).

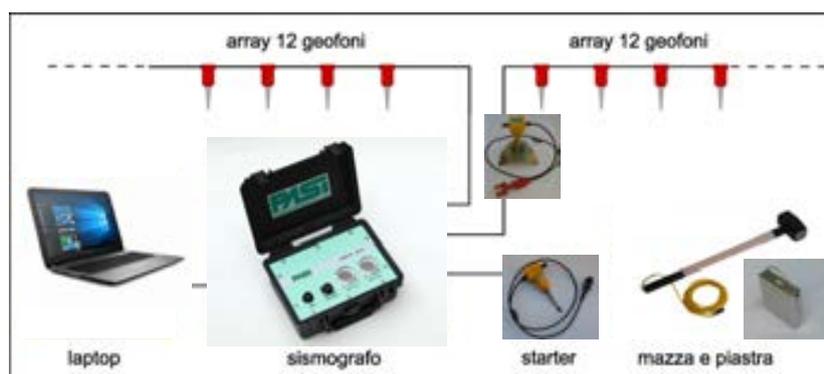
Il risultato finale è la determinazione, in corrispondenza dello stendimento sismico, del **profilo verticale medio della V_s** (velocità delle onde di taglio), necessario per l'applicazione delle procedure previste dalle normative regionali (All. 5 alla D.G.R. 9/2616/2011) e per la classificazione nelle categorie di suolo previste dalle normative (D.M. 17/01/18 e D.G.R. 9/2616/2011).

Vengono qui di seguito riportati i dati, le procedure ed i risultati relativi alle indagini sismiche predisposte entro le aree d'interesse.

4.5.1 Stendimento di sismica attiva con analisi delle onde superficiali ed elaborazione dati di tipo MASW

4.5.1.1 Acquisizione dati - Strumentazione

L'acquisizione dei dati è avvenuta secondo le modalità "*common-shot gathers*", utilizzando strumentazione "*Pasi Gea 24*" costituita da una centralina di acquisizione multicanale GEA 24 a 12+12 canali con scheda di acquisizione a 24 bit e interfaccia USB per PC esterno, con collegati 12 o 24 geofoni verticali (PASI – SIS – 911 – 050) con clip singola, puntale da 3" e frequenza di 4,5 Hz.



L'indagine è realizzata disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale mazza battente su piastra metallica o cannoncino sismico, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili.

L'energizzazione è stata ottenuta mediante massa battente manovrata a mano (mazza da 8 kg mod. SIS-020-000) agente a percussione su un piattello di battuta in alluminio (SIS-021-000), collocato all'esterno dello stendimento dei geofoni.

La linea sismica MASW, eseguita presso il sito di progetto, ha previsto un allineamento con **n. 24 geofoni con distanza pari a 2,00 m**; per l'analisi sismostratigrafica (vedi §4.5.3) è stato utilizzato lo **shot 1**, ubicato **10 m all'esterno rispetto all'ultimo geofono**.

Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

Per ciascun punto di energizzazione viene applicato in fase di acquisizione dei dati lo *stacking* di 2 *shot* successivi.

Per l'elaborazione dati è stato utilizzato il software winMASW 3C 7.2 (Eliosoft) nella sezione "single-component analysis (Rayleigh/Love + HV)".

4.5.1.2 Cenni sulla metodologia MASW

La procedura di analisi MASW utilizza la propagazione nel sottosuolo delle onde di superficie. Infatti le onde di Rayleigh (o di superficie) in un mezzo non stratificato si propagano in maniera lineare in funzione della distanza del geofono, al contrario in un mezzo stratificato subiscono il fenomeno della dispersione.

La curva di dispersione permette quindi di determinare le caratteristiche del sottosuolo. La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda (λ), quindi frequenza, è infatti influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino ad una profondità di $\lambda/2$.

La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) è correlabile alla V_s , essendo pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio (V_s).

Particolare attenzione nell'interpretazione dei dati deriva dalla considerazione che gli spostamenti indotti dalle onde di superficie sono correlabili a diversi *modi* (frequenze diverse), che possono sovrapporsi, soprattutto nel dominio f-k, in funzione dei seguenti fattori:

- distribuzione dell'energia tra i vari modi
- particolari conformazioni geologiche
- *array* utilizzato in fase di acquisizione.

Se avviene tale sovrapposizione, può generarsi una curva di dispersione apparente, che può risultare fuorviante in fase di interpretazione e quindi nella successiva inversione. Al fine di individuare i *modi* non correlabili alla successione stratigrafica si eseguono numerosi scoppi a distanze variabili rispetto allo stendimento. Tutte le curve di dispersione vengono quindi visionate prima di procedere al processing del *dataset* prescelto. I modi superiori, se correttamente riconosciuti, concorrono ad elaborare un modello maggiormente vincolato e non costituiscono un "disturbo". Anche l'utilizzo associato di altre metodologie di analisi sismica (quali ad esempio la sismica passiva con analisi HVSR) e delle indagini geognostiche (prove penetrometriche, ecc.) permette di vincolare maggiormente il modello interpretativo e di riconoscere in maniera corretta il "modo fondamentale" ed i "modi superiori".

Tenuto conto di quanto richiesto per l'applicazione della normativa relativa alla progettazione geotecnica, si ritiene che la metodologia di analisi MASW, la cui validità tecnica e scientifica risulta oramai consolidata, risulti pienamente idonea alla definizione dei dati richiesti soprattutto se associata ad indagini di sismica passiva ed indagini geognostiche.

Tale scelta risulta avvalorata dalle seguenti considerazioni:

1. La percentuale di energia convertita in onde Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).
2. L'ampiezza delle *Surface Waves* dipende da \sqrt{r} e non da r come per le *Body Waves*.
3. Il metodo MASW non è limitato, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità.
4. Il metodo MASW è contraddistinto da una buona risoluzione, a differenza del metodo a riflessione.
5. La propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza nella



caratterizzazione geotecnica di un sito (categoria di suolo in base al Testo Unico).

4.5.1.3 Metodi di analisi dei dati con procedura MASW

La stima dell'andamento in profondità delle velocità V_s , mediante acquisizione sismica multicanale, viene ottenuta a partire dalle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

La procedura prevede la possibilità di considerare tanto il “modo fondamentale” che quelli “superiori” e consta di due fasi operative principali:

- Determinazione dello spettro di velocità - Individuazione delle curve di dispersione;
- Determinazione dell'andamento della velocità delle onde di taglio (V_s) sulla verticale - Inversione e/o *modelling* diretto della curva di dispersione.

La **determinazione delle curve di dispersione e quindi dello spettro di velocità** può essere eseguita mediante tre metodi:

- f-k
- -p
- *Phase Shift*

Il metodo *Phase Shift* non è influenzato dal *processing* dei dati, mantiene ottime *performance*, in termini di chiarezza del segnale, anche con un numero di tracce estremamente ridotto e ha tempi di calcolo minori rispetto al metodo -p. La riduzione del numero di tracce provoca invece un sensibile scadimento della qualità dello spettro calcolato tramite trasformata -p e forte *aliasing* nello spettro f-k. E' spesso utile determinare le curve di dispersione attraverso più metodi, al fine di enfatizzare porzioni di segnale più facilmente poste in evidenza da un metodo piuttosto che da un altro.

La **ricostruzione della distribuzione verticale delle V_s** rappresenta quindi il passo successivo, cruciale, e comporta alcuni passaggi piuttosto articolati.

La curva di dispersione dipende infatti, oltre che dalla velocità delle onde di taglio (V_s), anche dallo spessore degli strati, dalla velocità delle onde di compressione (V_p) e dalla densità del terreno.

$$V(f) = F(V_s, \text{spessore}, V_p, \text{densità})$$

Ciò implica che la determinazione delle V_s a partire dalla curva di dispersione e quindi dalla Velocità di fase $[V(f)]$, costituisce un problema spiccatamente non lineare. Per la sua risoluzione bisogna quindi procedere ad una linearizzazione del problema (che comporta un certo grado di approssimazione) o all'utilizzo di algoritmi basati su un approccio non lineare (e.g. Algoritmi Genetici).

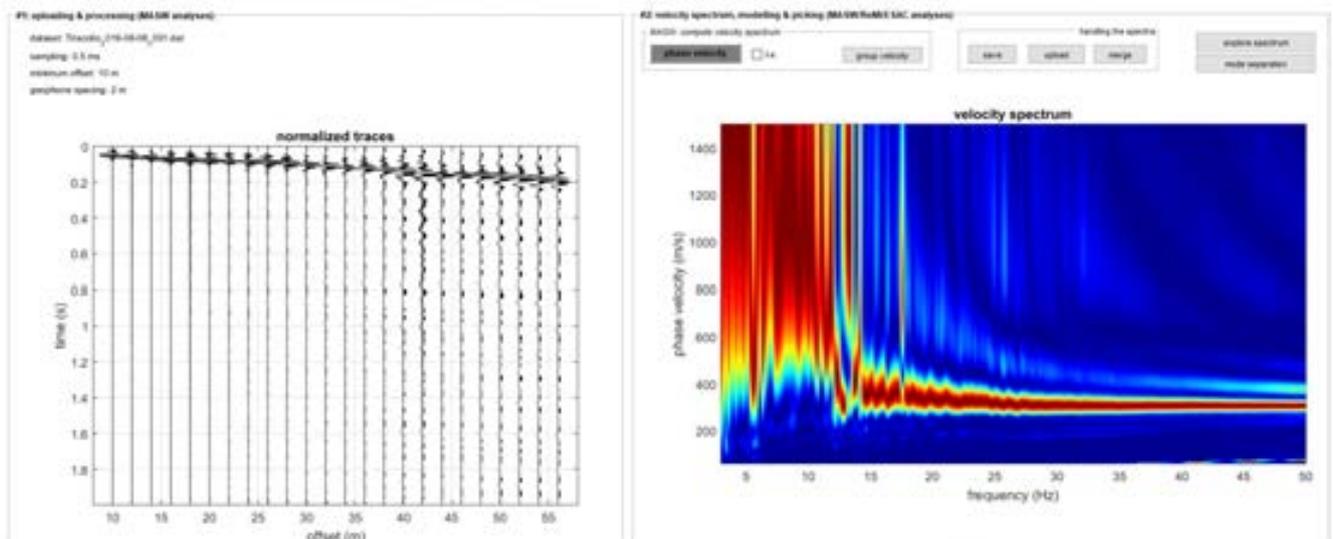


4.5.1.4 Determinazione spettro di velocità e curva di dispersione

La linea sismica MASW, eseguita presso il sito di progetto, ha previsto un allineamento con **n. 24 geofoni con distanza pari a 2,00 m.**

La prima operazione eseguita in fase di analisi dei dati è la lettura del file acquisito in campagna (*common-shot gather Tiracollo_2019-06-06_0001.dat*); per l'analisi sismostratigrafica (vedi §4.5.3) è stato utilizzato lo *shot 1*, ubicato **10 m all'esterno rispetto all'ultimo geofono.**

Una volta caricati i dati si procede con il calcolo dello spettro di velocità. Viene indicato come unico vincolo le massime e minime velocità e frequenze (in altri termini i limiti dello spettro di velocità).



Nel caso specifico per l'elaborazione del modello sismostratigrafico verrà utilizzata il *modelling* diretto mediante l'analisi congiunta di dati MASW e HVSr (vedi §4.5. 3).

4.5.2 Indagini di sismica passiva (HSVR) in campo libero

La HVSr (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) è una metodologia di indagine geofisica che consente in primo luogo di valutare la **frequenza di vibrazione naturale di un sito** e di conseguenza il **periodo di sito (T)**.

Successivamente, come ulteriore sviluppo ed in caso di segnale con specifiche caratteristiche o di analisi congiunta con altre metodologie di analisi sismica e/o indagini geognostiche, essa può permettere la stima dei sismostrati e del parametro normativo V_{seq} attraverso un processo di inversione del problema iniziale.

I dati acquisiti in campo libero potranno essere eventualmente confrontati con i valori stimati per l'edificio e le strutture di progetto.

Per l'elaborazione dati è stato utilizzato il software winMASW 3C 7.2 (Eliosoft) nelle sezioni "*passive seismics (ReMi, ESAC & HVSr)*" e successivamente "*single-component analysis (Rayleigh/Love + HV)*".

4.5.2.1 Acquisizione dati - Strumentazione

L'indagine viene realizzata disponendo in posizione orizzontale un geofono tridirezionale, infiggendolo nel terreno con appositi puntali regolabili. Il geofono viene orientato con l'asse Y rivolto a Nord per poter valutare la direzionalità di eventuali sorgenti di rumore dominanti.

Nella campagna di indagine in oggetto è stata predisposta **n° 1 registrazione (HVSRI)** della durata di 1200 secondi (20 min) ubicate in posizione mediana rispetto a ciascuno stendimento di sismica attiva MASW di riferimento.

Il geofono 3D è stato posizionato a quota del piano campagna su terreno vegetale. Nel sito di indagine non sono state rilevate fonti di rumore antropico o naturale (moto ondoso del Lago) in grado di interferire significativamente con il segnale sismico acquisito.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un Geofono 3D di superficie – Modello 3DLG-2, dotato di un geofono tridirezionale frequenza propria di risonanza pari a 2 Hz, collegato allo strumento tramite cavo elettrico schermato.

Geofono 3D- Modello 3DLG- 2 collegato alla centralina di acquisizione multicanale GEA 24



Lo strumento è in grado di acquisire simultaneamente sui 3 canali. La gestione del sismografo avviene tramite software proprietario installato su laptop, tramite il quale è possibile gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtraggi delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione in tempo reale del segnale su tutti i geofoni attivi;
- visualizzazione del sismogramma con misura dei tempi di arrivo;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.



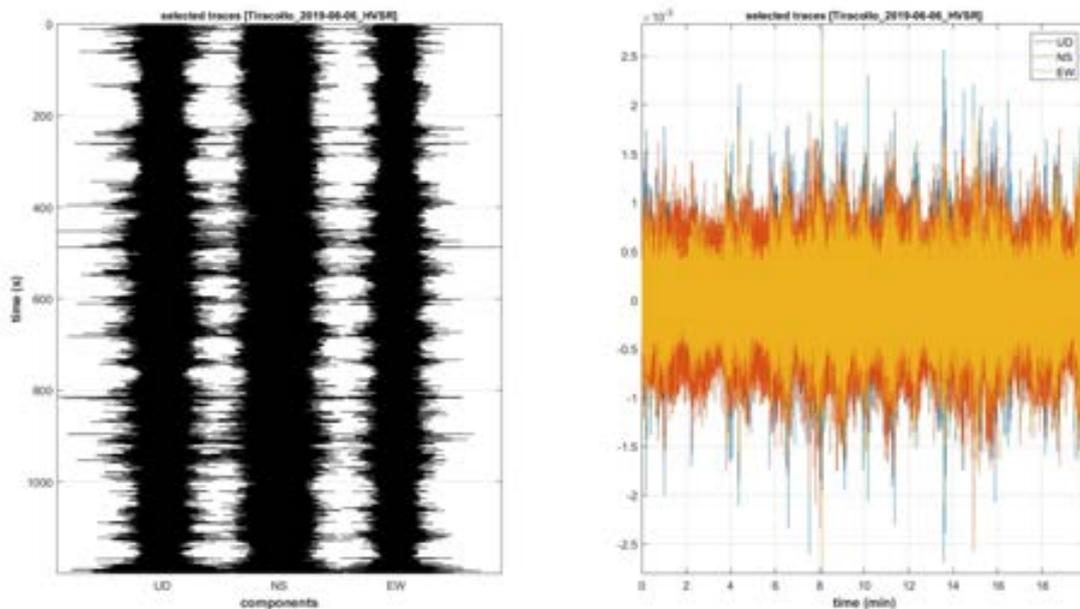
4.5.2.2 Cenni sulla metodologia HVSR – Dati acquisiti

La **HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)** è una metodologia di indagine geofisica che consente di valutare la **frequenza di vibrazione naturale di un sito**.

Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Lo strumento acquisisce in continuo per almeno 20 minuti i segnali sismici in tre direzioni ortogonali tra loro provenienti dalle vibrazioni indotte nel terreno da fonti naturali o artificiali. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo.

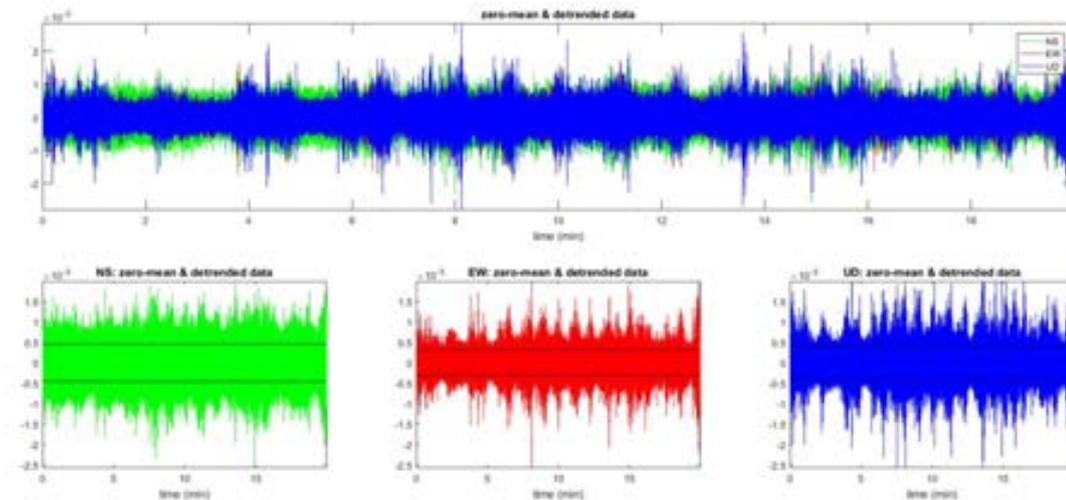
Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni quali i tempi di arrivo al geofono tridirezionale, le frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.



Dati acquisiti presso il sito di progetto

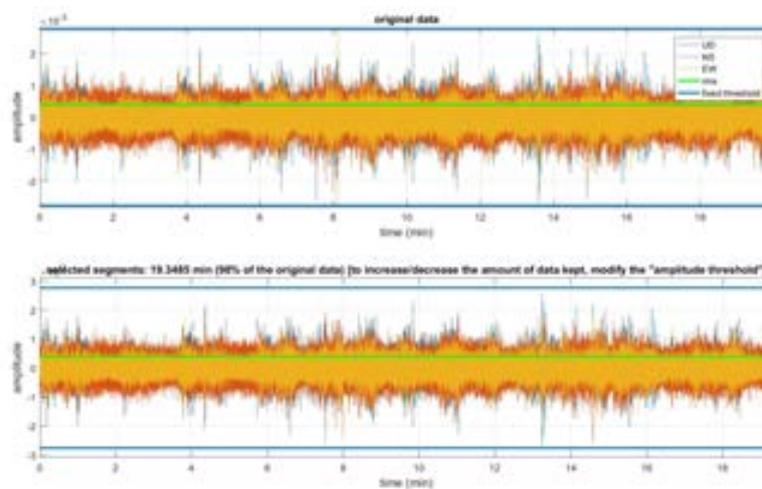
La successiva elaborazione dei dati acquisiti è stata effettuata con un software dedicato (*Winmasw 3C/7.2*) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi e restituzione finale.

La fase iniziale consiste in un'operazione detta di *windowing*, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del progetto SESAME tale dimensione, detta *Long Period*, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.



Dati acquisiti presso il sito di progetto: RegISTRAZIONI delle tracce nelle tre direzioni spaziali

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.



Dati acquisiti presso il sito di progetto ed elaborazione

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a *tapering* e/o liscio secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

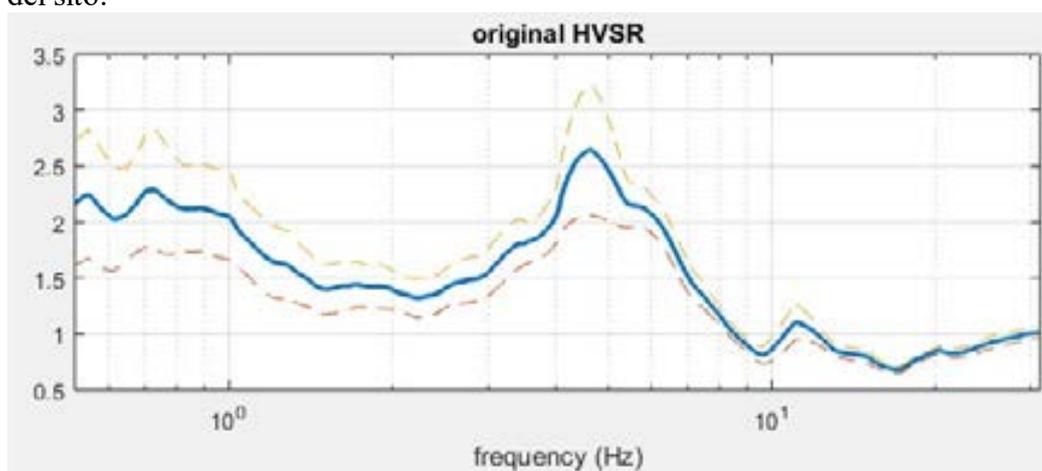
Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla



finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia.

Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di *windowing*.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.



Rapporto H/V – Frequenza con intervallo di fiducia

4.5.2.3 Risultati – Periodi e Frequenze del sito

L'analisi dei rapporti spettrali ha evidenziato la presenza di una curva H/V con assenza di picchi ben marcati; è stata comunque individuata quale frequenza principale quella posta a circa 4,6 Hz:

Periodo principale (sec)	Frequenza picco principale (Hz)	Rapporto spettrale H/V picco principale
0,217	4,6	2,6

Rispetto a tale picco principale i criteri SESAME risultano parzialmente soddisfatti.



Dataset: LonatoSport_2018-12-05_HVSR.saf

DATA ACQUISITION

Date and time: 17-Jun-2019

DATA PROCESSING

Date: 17 6 2019

Time: 10 57

Sampling frequency (Hz): 62.5

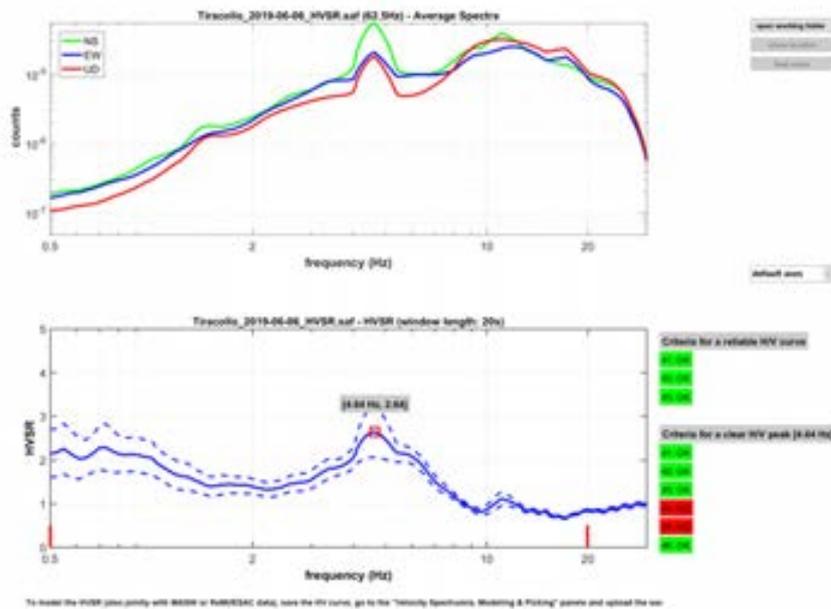
Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [5 cycles]: 0.25Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15 DATA ACQUISITION



Spettri medi nelle tre direzioni spaziali e curva HVSR con applicazione dei criteri sesame

SESAME criteria

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 4.6 (± 1.9)

Peak HVSR value: 2.6 (± 0.6)

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. [f0 > 10/Lw]: 4.643 > 0.5 (OK)
- #2. [nc > 200]: 10679 > 200 (OK)
- #3. [f0 > 0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: yes, at frequency 2.3Hz (OK)
- #2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 7.6Hz (OK)
- #3. [A0 > 2]: 2.6 > 2 (OK)
- #4. [fpeak[Ah/v(f) \pm sigmaA(f)] = f0 \pm 5%]: (NO)
- #5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 1.866 > 0.232 (NO)
- #6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.750 < 1.58 (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters the results may change.

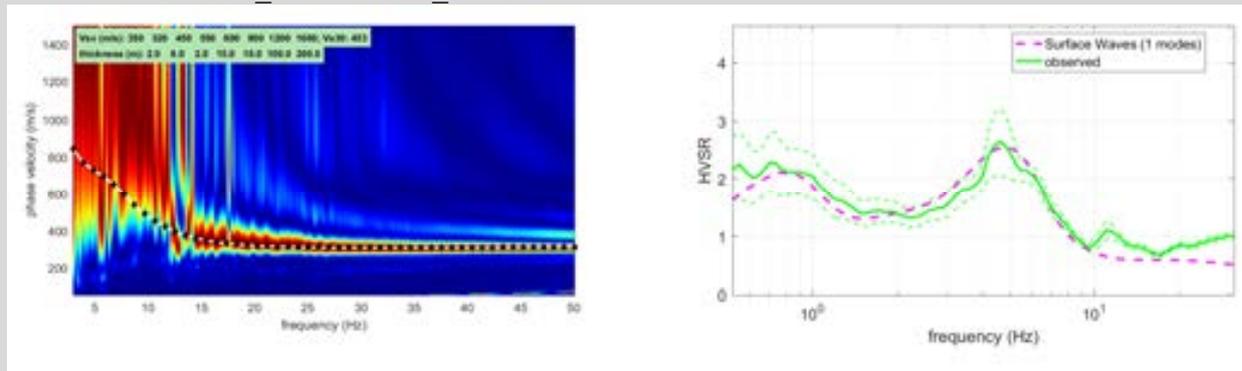
4.5.3 Analisi congiunta indagini simiche MASW e HSRV – Modello Geofisico proposto

In relazione all'acquisizione di misure H/V finalizzate a definire empiricamente la frequenza di sito (vedi §4.5.2) ed all'elaborazione delle curve di dispersione date da misure MASW (vedi §4.5.1) si è proceduto ad una loro analisi congiunta al fine di determinare un profilo VS vincolato e spinto almeno fino a 30 m e, laddove possibile, fino al raggiungimento del *bedrock sismico*.

Si è pertanto proceduto avendo cura di far coincidere il più fedelmente possibile le curve di dispersione del modello con i segnali dello spettro di velocità e fare contestualmente coincidere la frequenza (trattando con non troppa testardaggine e rigore l'ampiezza) del principale picco della curva H/V (quello che tipicamente è legato al più profondo contatto litologico "significativo").

Il risultato ottenuto risulta pienamente soddisfacente avendo ottenuto una buona sovrapposizione tra le curve osservate e quelle derivanti dalla modellazione proposta.

Date: 19 6 2019
 Time: 8 49
 Dataset: Tiracollo_2019-06-06_0001.dat



Subsurface Model

Vs (m/s):	350	320	450	550	800	900	1200	1600
Thickness (m):	2.0,	8.0,	2.0,	15.0,	10.0,	100.0,	200.0	

Approximate values for Density, Shear modulus, Vp and Poisson **

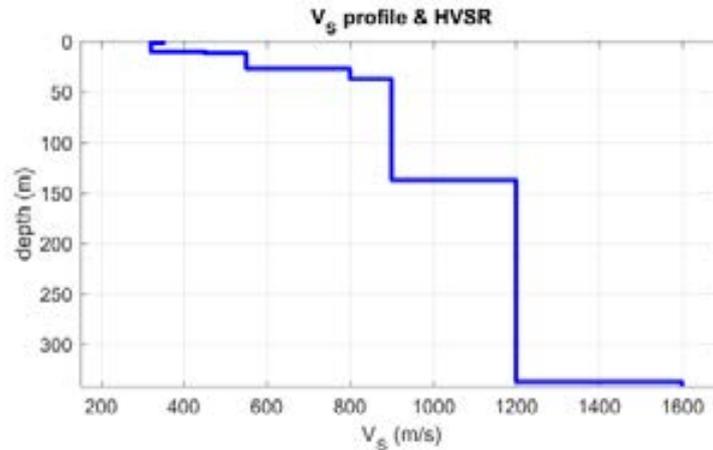
Density (gr/cm3) (approximate values):	1.98	1.96	2.04	2.09	2.18	2.21	2.25	2.29
Shear modulus (MPa) (approximate values):	242	200	413	631	1394	1787	3241	5857
Vp (m/s):	729	666	937	1145	1665	1873	2245	2613
Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.30	0.20

** Si sottolinea che i parametri geotecnici, sopra riportati, sono riferiti a condizioni di bassa deformazione. I valori ottenuti sono stati infatti stimati in base alle deformazioni indotte nel terreno dalla propagazione delle onde sismiche. L'entità ridotta di tali deformazioni comporta alti valori dei moduli dinamici calcolati, superiori di circa un ordine di grandezza rispetto a quelli ottenibili, per lo stesso tipo di terreno, in situazione di grandi deformazioni. Per deformazioni significativamente superiori, come di norma nei calcoli geotecnici, i valori stimati dovranno quindi essere idoneamente corretti tenendo conto della funzione matematica che ne regola la diminuzione in funzione dello sforzo applicato e della deformazione risultante

ATTENZIONE! La classificazione del terreno è di pertinenza dell'utente, che ne deve valutare la tipologia sulla base della normativa vigente (NTC 2018) e del profilo verticale VS.

winMASW 3C - 7.2 Software per la determinazione dello spettro di velocità e l'inversione della curva di dispersione secondo il metodo MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves www.eliosoft.it

Si riassume qui di seguito una sezione sismostratigrafica schematica estesa fino al substrato rigido:



Si ritiene che dal punto di vista sismico possano essere individuate le seguenti unità:

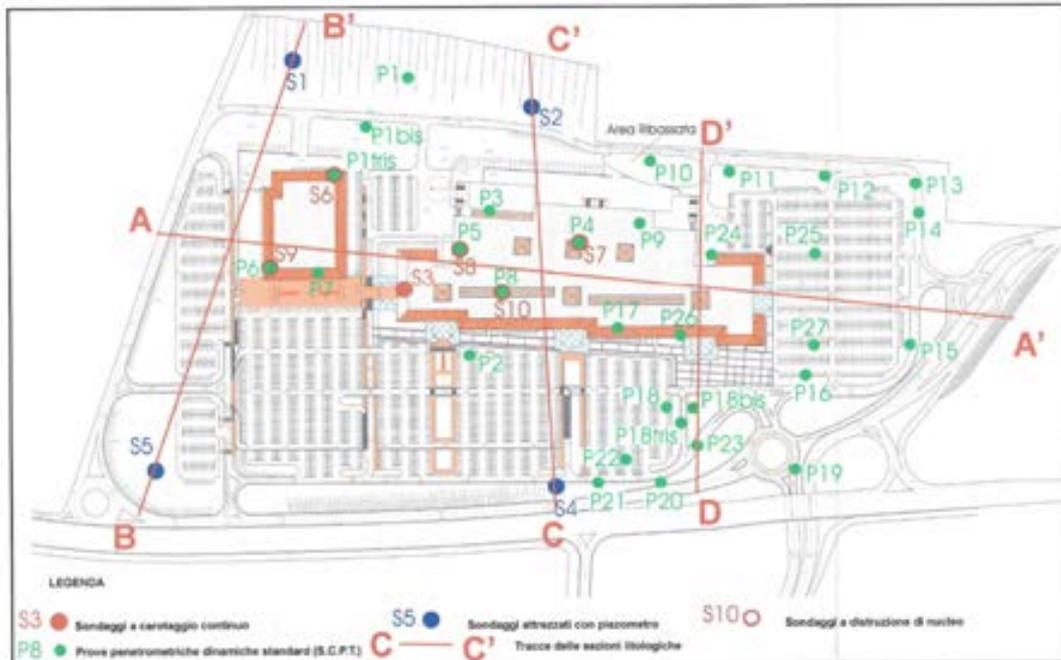
Unità Sismostratigrafica	Spessore	V _s
Unità 1 ≡ Terreni di riporto (Unità Geotecnica RIP1-RIP2)	~ 10 m	320-350 m/sec
Unità 2 ≡ Depositi fluvio-glaciali (Fg) o Depositi Glaciali (Unità Geotecnica G) ≡ Depositi Glaciali (Unità Geotecnica G)	~ 2 m ~ 15 m	450 m/sec 550 m/sec
Bedrock sismico	Oltre -27 m dal p.c.	>800 m/sec

La sismostratigrafia definita risulta coerente, per la porzione più superficiale, con quanto riscontrato mediante le indagini geognostiche e, più in generale con l'assetto geologico dei luoghi e con le stratigrafie dei pozzi.



4.6 Altri Dati- Indagini geognostiche “Centro Commerciale “Il Leone” - 2001

Nel 2001 furono eseguite numerose indagini presso l'area commerciale de “Il Leone” che hanno compreso anche n° 5 Sondaggi a carotaggio continuo con posa di piezometro, esecuzione di prove SPT in foro e di prove di permeabilità Lefranc, e numerose prove penetrometriche dinamiche standard (alcune con preforo).

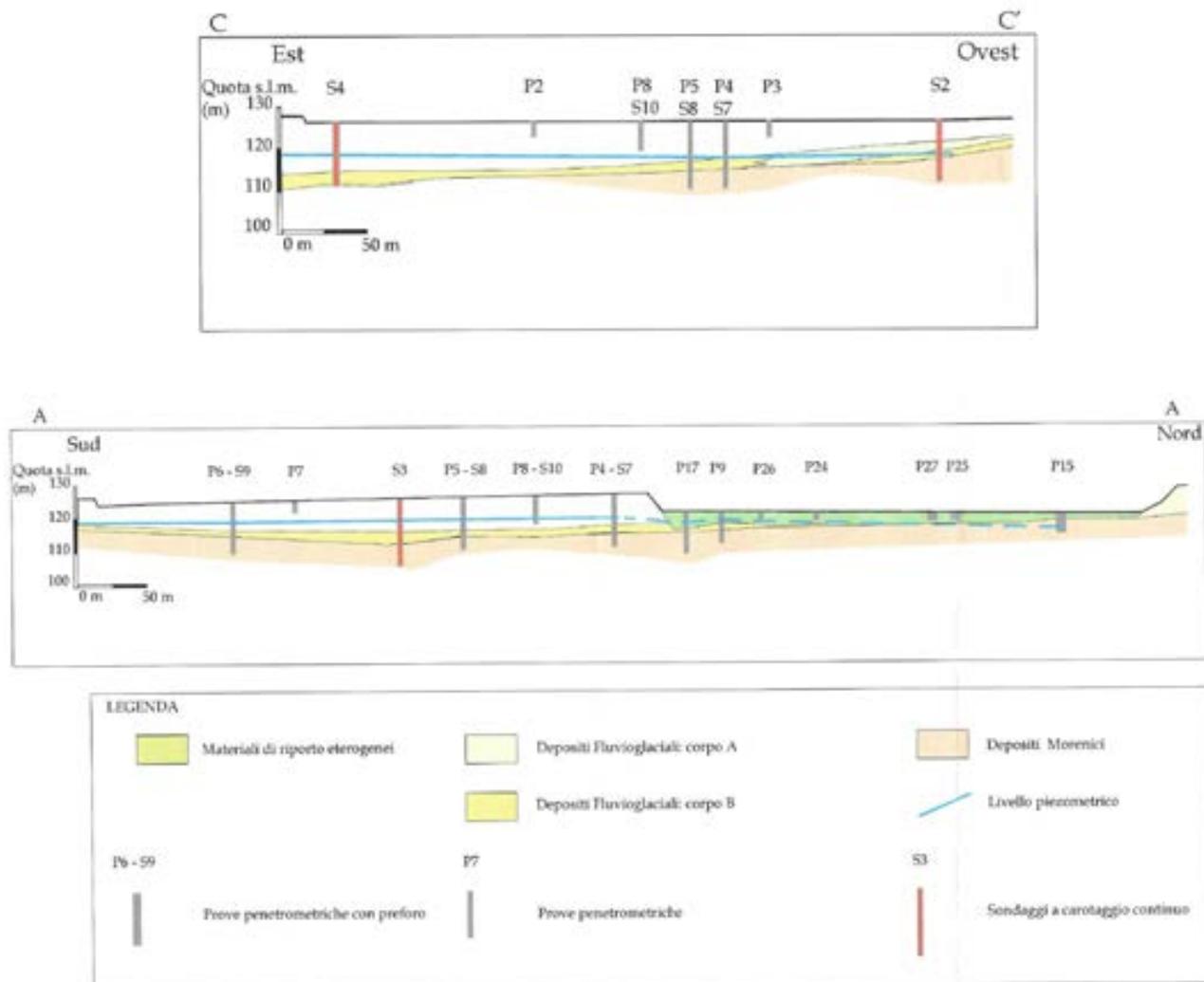


Ai fini del presente studio sono stati presi in considerazione i **Sondaggi S2-S3-S4**, eseguiti in corrispondenza di aree con terreni naturali affioranti ed a partire dal p.c. generale posto ad una quota di circa 127 m s.l.m.

Questi sondaggi attraversano la **sequenza fluvioglaciale** che presenta un corpo stratigraficamente superiore **Corpo A - ghiaioso-sabbioso**, che presenta spessore medio pari a 9-10 m (sondaggi S2-S3) e localmente fino a 12,50 m (sondaggio S4) sono in ogni caso localmente presenti livelli sabbioso.limosi talora piuttosto continui arealmente. Alla base è presente con discreta continuità e spessori per lo più pari a pochi metri (3-4 m) un **Corpo B – limoso-sabbioso e limoso-argilloso** con presenza di livelli di sabbia e ghiaia. I depositi Fluvioglaciali risultano, tenendo anche conto delle prove penetrometriche SCPT con preforo eseguite entro la stessa area, da moderatamente addensati ad addensati (Nspt caratteristico 17-45 colpi e > 50 colpi)

Al di sotto della sequenza fluvioglaciale sono presenti i **depositi glaciali** rappresentati da terreni eterogenei quali limi argillosi di colore grigio con ghiaia e sabbia e frequenti ciottolo e trovanti.

Il passaggio a i depositi glaciali avviene a profondità crescenti da Ovest verso Est essendo stato attraversato nel sondaggio S2 a circa -9 m dal p.c. e nel Sondaggio S3 a circa -13 m; il sondaggio S4 non raggiunge i depositi glaciali.



La **soggiacenza della falda**, misurata nei piezometri per il 2001, indicava un **livello piezometrico** posto a circa 119,40/119,90 m s.l.m. (sondaggi S2-S4-S5) e solo **localmente pari a circa 112.10/121,60 m s.l.m.** (Sondaggio S1); tale dato risulta coerente con quanto riscontrato entro l'area di interesse (vedi §4.4.1).

Le prove di permeabilità eseguite in corrispondenza delle Ghiaie e Sabbie hanno evidenziato valori di permeabilità dell'ordine $10^{-4}/10^{-5}$ m/sec, coerenti con quelli rilevati entro l'area di interesse (vedi §4.2).

SONDAGGIO S 1	PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE
Profondità tratto in prova	5.50-5.70 m
Durata della prova	30 minuti
Litologia (analisi visiva)	Limo sabbioso
Coefficiente di permeabilità	$k = 2.3 \cdot 10^{-5}$ cm/sec
SONDAGGIO S 2	PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO COSTANTE
Profondità tratto in prova	5.00-5.50 m
Durata della prova	30 minuti
Litologia (analisi visiva)	Ghiaia e sabbia
Coefficiente di permeabilità	$k = 1.2 \cdot 10^{-2}$ cm/sec
SONDAGGIO S 3	PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE
Profondità tratto in prova	6.50-6.70 m
Durata della prova	30 minuti
Litologia (analisi visiva)	Ghiaia e sabbia
Coefficiente di permeabilità	$k = 7.9 \cdot 10^{-3}$ cm/sec
SONDAGGIO S 4	PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO COSTANTE
Profondità tratto in prova	6.00-6.20 m
Durata della prova	30 minuti
Litologia (analisi visiva)	Ghiaia e sabbia
Coefficiente di permeabilità	$k = 5.6 \cdot 10^{-3}$ cm/sec
SONDAGGIO S 5	PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO COSTANTE
Profondità tratto in prova	5.50-5.80 m
Durata della prova	30 minuti
Litologia (analisi visiva)	Ghiaia e sabbia
Coefficiente di permeabilità	$k = 4.9 \cdot 10^{-3}$ cm/sec

5 MODELLO GEOTECNICO – GEOFISICO

Mediante la campagna di indagine geognostica eseguita nel 2008 e nel 2019, i rilievi geologici e la ricostruzione del modello stratigrafico è stato possibile procedere alla definizione di un modello geologico-geotecnico e geofisico per il sito di progetto.

Per quanto concerne la stima dei parametri geotecnici principali sono state utilizzate formule di letteratura applicate in funzione della natura litologica di ciascuna unità, della loro profondità e delle condizioni di saturazione (vedi modellazione schematica sottoriportata).

Il modello geofisico è stato ipotizzato correlando i dati geotecnici (§4.1, §4.3, §4.4) con quelli sismici (§4.5) acquisiti mediante uno stendimento di sismica multicanale con registrazione attiva delle onde superficiali (MASW) e mediante un'indagine puntuale passiva (HVSr) entro il sito di progetto.

Viene di seguito schematizzata la successione stratigrafica delle unità geotecniche riconosciute con indicazioni sulle caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni, partendo dall'alto verso il basso, prendendo come quota di riferimento il piano campagna generale e distinguendo i terreni naturali s.s. in relazione all'ambito geologico/progettuale di appartenenza:

SETTORE NW

Intorno Sondaggio S3 e Scavi Sc3

Unità RIP → Terreni di riporto

Sottounità RIP 1 → Da 0.00 a -0.70/-1.20 m dal p.c.: si ha la massicciata di sottofondo del piazzale costituita da terreni ghiaioso-sabbiosi, con ciottoli, da asciutta a debolmente umida e nel complesso addensata. A questa unità geotecnica possono essere attribuiti i parametri geotecnici di seguito elencati:

	20 kN/m ³	Peso unitario del terreno sopra falda <i>(Terzaghi & Peck 1967 – Bowles, 1982)</i>
Cu	--	Coesione non drenata
Dr	60% - 70%	Densità relativa <i>(Terzaghi-Peck e Gibbs-Holtz)</i>
	33°	Angolo di resistenza al taglio efficace <i>(Meyerhof)</i>
Vs	350 m/sec	Velocità di propagazione delle onde s <i>(stimata sulla base dei dati sismici – analisi Masw+HVSr)</i>

Sottounità RIP 2 → Da -0.70/-1.20 a -1.20/-2.50 m dal p.c.: sono presenti materiali di riporto costituiti da ghiaia e sabbia con limo, con ciottoli e con frammenti di laterizi, di colore da marrone a beige scuro, da asciutti a debolmente umidi, il grado di addensamento risulta per lo più medio.

Possono essere attribuiti, indicativamente**, i parametri geotecnici di seguito elencati:

	17-18 kN/m ³	Peso unitario del terreno sopra falda <i>(Terzaghi & Peck 1967 – Bowles, 1982)</i>
Cu	--	Coesione non drenata
Dr	35%	Densità relativa <i>(Terzaghi-Peck e Gibbs-Holtz)</i>
	28°	Angolo di resistenza al taglio efficace <i>(Meyerhof)</i>
Vs	320 m/sec	Velocità di propagazione delle onde s <i>(stimata sulla base dei dati sismici – analisi Masw+HVSr)</i>

** In funzione della possibile variabilità laterale tale unità non risulta in ogni caso idonea alla posa di alcuna struttura di fondazione:

Unità FG → Depositi fluvioglaciali

Da -1.20/-2.50 m a -9.20 m dal p.c.: sono presenti depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi con ciottoli e trovanti, talora in matrice limosa, di colore marrone debolmente umida, da moderatamente addensati ad addensati (Nspt caratteristico → 17-45* colpi); sono presenti livelli o lenti di limo ghiaioso-sabbioso, di colore beige-marrone, debolmente umido e da scarsamente a mediamente addensato. A questa unità geotecnica possono essere attribuiti, nel complesso, i parametri geotecnici di seguito elencati:

	20-21 kN/m ³	Peso unitario del terreno sopra falda (Terzaghi & Peck 1967 – Bowles, 1982)
Cu	–	Coesione non drenata
Dr	45% - 75%	Densità relativa (Terzaghi-Peck e Gibbs-Holtz)
	30°-33°	Angolo di resistenza al taglio efficace (Meyerhof- De Mello)
Vs	450 m/sec	Velocità di propagazione delle onde s (stimata sulla base dei dati sismici – analisi Masw)

*ipotizzato sulla base delle risultanze del Sondaggio S3 e scavo Sc3, e di numerose indagini eseguite presso Loc. Campagnoli.

Unità G → Depositi glaciali

Oltre -9.20 m dal p.c.: si hanno alternanze di livelli sabbioso-limosi e limoso-sabbiosi a tratti debolmente argillosi talora con ghiaia e ciottoli di colore marrone, di livelli argilloso-limosi di colore da marrone/marrone chiaro a grigio/grigio scuro e di livelli ghiaioso-sabbiosi debolmente limosi di colore beige-marrone. Questi depositi risultano da umidi a molto umidi e bagnati oltre -10,70/-12,00 m dal p.c. e si presentano da moderatamente addensati ad addensati o da mediamente consistenti a consistenti (Nspt caratteristico → 35-50 colpi e >50 colpi). A questa unità geotecnica possono essere attribuiti, i parametri geotecnici di seguito elencati:

	21 kN/m ³	Peso unitario del terreno sopra falda (Terzaghi & Peck 1967 – Bowles, 1982)
'	11 kN/m ³	Peso unitario del terreno immerso in falda (Terzaghi & Peck 1967 – Bowles, 1982)
Cu	10-40*** kPa	Coesione non drenata
Dr	70% - 90%	Densità relativa (Terzaghi-Peck e Gibbs-Holtz)
	32°-35°	Angolo di resistenza al taglio efficace (De Mello)
Vs	450-550 m/sec	Velocità di propagazione delle onde s (stimata sulla base dei dati sismici – analisi Masw)

*** Si sottolinea che i depositi Glaciali possiedono caratteristiche geotecniche "miste" ($C \neq 0$ e $\neq 0$) in funzione della presenza di frazione limoso-argillosa talora significativa che genera Coesione; si ritiene cautelativamente di considerare un valore minimo di tale contributo, che risulta di difficile definizione in assenza di indagini di campo e di laboratorio molto più sofisticate ed onerose, non giustificate dalle esigenze di progetto.

Questi terreni possiedono continuità oltre la profondità raggiunta nel corso dell'indagine geognostica, come confermato dai dati sismostratigrafici e dalle stratigrafie dei pozzi idrici: in base ai dati sismostratigrafici si può ipotizzare che l'unità G prosegua fino ad almeno -27 m dal p.c., oltre tale profondità si rileva la presenza del bedrock sismico caratterizzato da velocità di propagazione delle onde S elevate ($V_s > 800$ m/sec) riferibili ad unità glaciali sovraconsolidate.

SETTORE "FOSSA DI ESCAVAZIONE"

Intorno Sondaggio S1-S2-S4-S5 e Scavi Sc1-Sc2-Sc4

Unità RIP → Terreni di riporto

Sottounità RIP 1 → Da 0.00 a -0.70/-2.00 m dal p.c.: si ha la massicciata di sottofondo del piazzale costituita da terreni prevalentemente ghiaioso-sabbiosi con ciottoli e con trovanti e talora con frammenti di laterizi, da asciutta a debolmente umida, di colore beige-marrone, addensata. A questa unità geotecnica possono essere attribuiti i parametri geotecnici di seguito elencati:

	20 kN/m ³	Peso unitario del terreno sopra falda (Terzaghi & Peck 1967 – Bowles, 1982)
Cu	--	Coesione non drenata
Dr	60% - 70%	Densità relativa (Terzaghi-Peck e Gibbs-Holtz)
	33°	Angolo di resistenza al taglio efficace
Vs	350 m/sec	Velocità di propagazione delle onde s (stimata sulla base dei dati sismici – analisi Masw+HVSr)

Sottounità RIP 2 → Da -0.70/-2.00 a -9.30/-12.70 m dal p.c.: seguono terreni di riporto e/o rimaneggiati estremamente eterogeni costituiti da sabbie e da ghiaie prevalenti con frazione limoso-argillosa variabile, talora con ciottoli e con frammenti di laterizi di colore da grigio-beige/beige scuro a marrone-beige con livelli più francamente limoso-sabbioso-argillosi con ghiaia e con frammenti di laterizi di colore grigio-scuro/beige-scuro.

L'unità si presenta debolmente umida e localmente (sondaggio S5 e Scavo S2) da umida a bagnata e da scarsamente a moderatamente addensata (Nspt caratteristico → 7-15 colpi e localmente 4-5* colpi).

Possono essere attribuiti, indicativamente**, i parametri geotecnici di seguito elencati:

	17-18 kN/m ³	Peso unitario del terreno sopra falda (Terzaghi & Peck 1967 – Bowles, 1982)
'	7-8 kN/m ³	Peso unitario del terreno immerso in falda (Terzaghi & Peck 1967 – Bowles, 1982)
Cu	--	Coesione non drenata
Dr	15% - 20% 25% - 45%	Densità relativa (Terzaghi-Peck e Gibbs-Holtz)
	26°-29° 24°-25°	Angolo di resistenza al taglio efficace (Meyerhof)
Vs	320 m/sec	Velocità di propagazione delle onde s (stimata sulla base dei dati sismici – analisi Masw+HVSr)

*ipotizzato sulla base delle descrizioni dei sondaggi e degli scavi.

** In funzione della possibile variabilità laterale tale unità non risulta in ogni caso idonea alla posa di alcuna struttura di fondazione:

Unità G → Depositi glaciali

Oltre -9.30/-12.70 m dal p.c.: si hanno alternanze di livelli sabbioso-limosi e limoso-sabbiosi a tratti debolmente argillosi talora con ghiaia e ciottoli di colore marrone, di livelli argilloso-limosi di colore da marrone/marrone chiaro a grigio/grigio scuro e di livelli ghiaioso-sabbiosi debolmente limosi di colore beige-marrone. Questi depositi risultano da umidi a molto umidi e bagnati oltre -10,70/-12,00 m dal p.c. e sono da moderatamente addensati ad addensati o da mediamente consistenti a consistenti (Nspt caratteristico → 35-50 colpi e >50 colpi). A questa unità geotecnica possono essere attribuiti, i parametri geotecnici di seguito elencati:

	21 kN/m³	Peso unitario del terreno sopra falda (Terzaghi & Peck 1967 – Bowles, 1982)
'	11 kN/m³	Peso unitario del terreno immerso in falda (Terzaghi & Peck 1967 – Bowles, 1982)
Cu	10-40*** kPa	Coesione non drenata
Dr	70% - 90%	Densità relativa (Terzaghi-Peck e Gibbs-Holtz)
	32°-35°	Angolo di resistenza al taglio efficace (De Mello)
Vs	450-550 m/sec	Velocità di propagazione delle onde s (stimata sulla base dei dati sismici – analisi Masw)

*** Si sottolinea che i depositi Glaciali possiedono caratteristiche geotecniche “miste” ($C \neq 0$ e $\neq 0$) in funzione della presenza di frazione limoso-argillosa talora significativa che genera Coesione; si ritiene cautelativamente di considerare un valore minimo di tale contributo, che risulta di difficile definizione in assenza di indagini di campo e di laboratorio molto più sofisticate ed onerose, non giustificate dalle esigenze di progetto.

Questi terreni possiedono continuità oltre la profondità raggiunta nel corso dell'indagine geognostica, come confermato dai dati sismostratigrafici e dalle stratigrafie dei pozzi idrici: in base ai dati sismostratigrafici si può ipotizzare che l'unità G prosegua fino ad almeno -27 m dal p.c., oltre tale profondità si rileva la presenza del *bedrock* sismico caratterizzato da velocità di propagazione delle onde S elevate ($V_s > 800$ m/sec) riferibili ad unità glaciali sovraconsolidate.

6 RISPOSTA SISMICA DEL SITO

Per la valutazione dell’Azione Sismica il Testo Unico aggiornato (D.M. 17/01/18) richiede l’utilizzo dei metodi, delle formule e delle tabelle in esso riportate, nonché l’applicazione di quanto previsto ai paragrafi 3.2.3.1, 3.2.3.2, 3.2.3.3, 3.2.3.4 e 3.2.3.5. Non sono state condotte specifiche analisi di Risposta Sismica Locale; sono stati quindi utilizzati i metodi semplificati previsti dal D.M. 17/01/18.

L’indagine geognostica e sismica e lo studio geologico hanno quindi permesso di definire un modello geologico-geotecnico e geofisico e di analizzare le caratteristiche geomorfologiche del sito al fine di definire la Categoria di Sottosuolo e la Categoria Topografica, che potranno essere utilizzate per la stima dell’Azione Sismica e più in generale per la progettazione delle opere.

Mediante il programma Excel “Spettri-NTC (ver. 1.0.3)” è possibile definire gli Spettri di Risposta Elastici ed i Parametri di Pericolosità Sismica definiti per il sito di progetto sulla base dei risultati del progetto S1 – INGV (**Fase 1**).

Lo sviluppo delle **Fasi 2 e 3**, per la definizione degli Spettri di Risposta Elastici di progetto, relativi ai vari Stati Limite, necessita la conoscenza e/o la scelta di parametri progettuali di competenza dei Tecnici Progettisti delle opere.

Nei paragrafi successivi si forniscono quindi, per quanto di pertinenza del Geologo, i dati inerenti la Risposta Sismica e la Pericolosità Sismica del Sito nonché i parametri sismici normativi (Fase 1 e parzialmente Fase 2). **Si rimane altresì disponibili per un’eventuale sviluppo congiunto, delle fasi 2 e 3 e quindi della definizione dei parametri relativi all’azione sismica di progetto.**

Dal punto di vista della **Pericolosità Sismica Locale** l’area è stata classificata nello studio della *Componente Geologica Idrogeologica e Sismica del PGT (Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio “Carta di pericolosità sismica locale” Tav. 8 – Maggio 2010 - Dott. Geol. Rosanna Lentini)*, **entro lo scenario di pericolosità sismica Z4a “Zona di fondovalle o di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi”** per il quale vengono segnalati **valori di Fa di sito inferiori a quelli di “soglia” normativa (vedi Carta di fattibilità Geologica)** e quindi potenziali fenomeni di amplificazione sismica tali da rendere sufficiente l’utilizzo dei parametri sismici definiti in base alla normativa vigente (D.M. 17/01/2018); **non sono pertanto richiesti approfondimenti sismici per amplificazione litologica ai sensi della normativa regionale vigente.**

Il più recente *Studio di Microzonazione Sismica del territorio comunale di Lonato del Garda (Dott. Geol. R. Lentini - Agosto 2015)* già eseguito ai sensi della D.G.R. 9/2616/2011, sulla base delle indagini geofisiche esperite presso un’area ricadente entro lo stesso ambito del sito in esame, nello studio *MOPS - Dott. Geol. R. Lentini - Agosto 2015*, definito un valore di Fa di sito pari a 1,8 e pertanto con possibili valori di Fa di sito superiori a quelli di soglia comunale in caso di definizione di Categorie di sottosuolo B.

E’ stato pertanto ritenuto opportuno eseguire, in maniera sito-specifica un approfondimento mediante analisi di 2° livello ai sensi dell’All. 5 della D.G.R. 9/2616 del 2011.



Presso la maggior parte dell'area è stata segnalata la presenza di uno **scenario di pericolosità sismica Z2** "Zona con terreni scadenti" per il quale **è richiesto un Approfondimento sismico di 3° livello per cedimenti e/o liquefazione** (vedi carta di Fattibilità), secondo le procedure indicate nel § 2.3.2 dell'All.5 della D.G.R. 9/2616/2011.

Per quanto concerne le problematiche correlate ai cedimenti si rimanda al Cap. 8; nel presente capitolo è stata presa in esame la **stabilità del sito nei confronti della liquefazione**, come peraltro richiesto anche al paragrafo 7.11.3.4 del D.M. 17/01/18.

6.1 Categoria di Sottosuolo e Categoria Topografica

Viene di seguito fornita una classificazione e caratterizzazione dei terreni secondo quanto indicato dalle norme tecniche per il progetto sismico allegate al D.M. 17/01/18 ed in applicazione di quanto richiesto dalla normativa regionale (D.G.R. 9/2616/2011) e comunale (Norme Sismiche di PGT).

6.1.1 Categoria di Sottosuolo (D.M. 17/01/2018) – Approfondimento Sismico Analisi di 2° Livello per amplificazione litologica (All.5 D.G.R. 9/2616/2011)

6.1.1.1 Categoria di sottosuolo secondo le NTC 2018

Per quanto concerne le **caratteristiche litologiche** il sottosuolo è stato classificato secondo le tabelle allegate al D.M. 17/01/18 e riportate di seguito:

Tab. 3.2.11 – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

Applicando il D.M.17/01/18 può essere quindi stimato il valore $V_{S,eq}$ mediante la seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

l_i spessore dell'*i*-esimo strato;

V_{S_i} velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

In base a quanto indicato nelle NTC 2018 per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato andrebbe considerata a partire dal piano di imposta delle stesse o a partire dalla testa palo; pertanto tenuto conto dell'attuale mancanza di specifici dati inerenti la tipologia e profondità di posa fondazionale, è stato considerato quale riferimento il p.c.

Solo per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{Seq} è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Tenuto conto dei dati sismostratigrafici riferiti all'ambito geotecnico più delicato (fossa di escavazione) (vd §4.5.3) e del Modello Geotecnico-Geofisico definito (Cap. 5) ed Applicando il D.M.17/01/18, cautelativamente a partire dal p.c., può quindi essere assegnata al sito di progetto:

$$V_{Seq} = V_{S27} = 432 \text{ m/sec}$$

Può quindi essere definita, sulla base dell'applicazione delle sole norme NTC 2018, una **Categoria di Sottosuolo "B"**.

6.1.1.2 Approfondimento Sismico - Analisi di 2° Livello per amplificazione litologica (All .5 D.G.R. 9/2616/2011) – Definizione della Categoria di Sottosuolo di progetto

Alla luce del quadro di Pericolosità Sismica sopradescritto ed in relazione alla tipologia dei manufatti di progetto verrà eseguita una valutazione del rischio sismico sito-specifico (Analisi di 2° livello) correlato alle particolari condizioni litologiche dell'ambito in cui è inserita l'area d'intervento ed il suo immediato intorno.

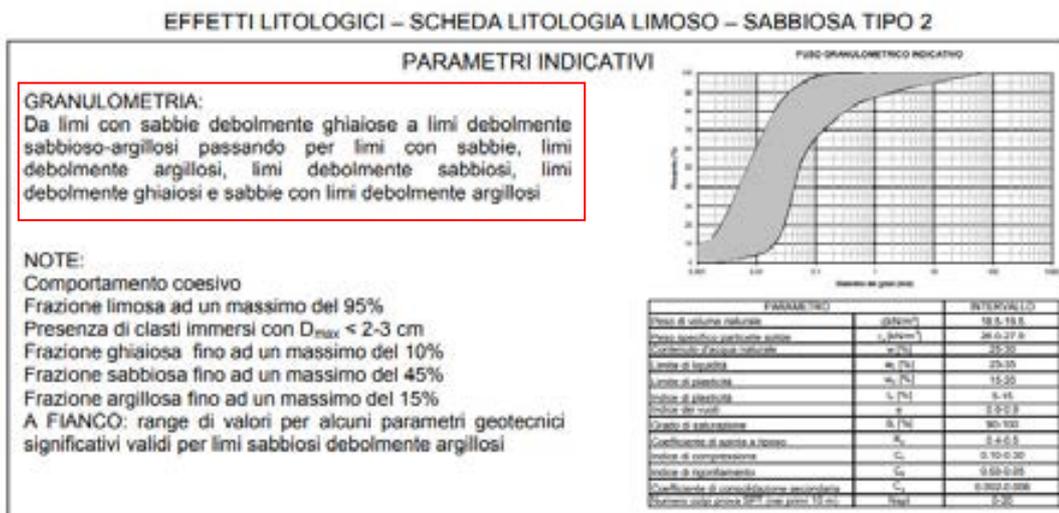
Sono state quindi applicate entro il sito di progetto le **procedure di 2° livello previste dall'All.5 della D.G.R. 9/2616/2011** per la stima degli effetti litologici e del relativo Fattore di Amplificazione di Sito (Fa Calcolato entro il sito-FAC) da correlare al Fattore di Soglia comunale (FAS) individuato dalla normativa regionale attualmente vigente.

Si segnala che le analisi di 2° livello sito specifiche eseguite in riferimento all'applicazione dell'All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011 fanno riferimento a valori soglia e Categorie di Sottosuolo definite sulla base delle metodologie delle NTC 2008. Ad oggi tuttavia non si hanno schede e valori soglia differenti rispetto a quanto definito nella D.G.R. 9/2616/2011.

Il primo passo della procedura prevede la definizione della scheda di valutazione (All. 5 - D.G.R. 9/2616 del 2011) più idonea alla stima degli effetti litologici. Nell'elaborazione dei dati sono state utilizzate le schede, tenuto conto in via prioritaria delle descrizioni litologiche solo se compatibili con i campi di validità riportati nei diagrammi Z-Vs (secondo quanto indicato dalla normativa) per $V_s < 600$ m/sec.



Ai fini di una maggiore esplicitazione delle scelte fatte si specifica che, per il sito di interesse la scheda a litologia ghiaioso-sabbiosa, compatibile con la litologia prevalente, non risulta coerente con i campi di validità della sezione sismostratigrafica definita; è stata pertanto ritenuta adeguata la SCHEDA A LITOLOGIA LIMOSO-SABBIOSA tipo 2 compatibile con i campi di validità indicati dalla normativa (per $V_s < 600$ m/sec).



Estratto da All. 5 alla D.G.R. 9/2616/2011

In accordo con la procedura, le successioni stratigrafiche di riferimento, lo spessore e la velocità di ciascuno strato definiti con l’acquisizione dei dati sismici e considerati a partire dal piano di posa delle fondazioni, sono stati riportati nelle “*Schede di Stima degli Effetti Litologici*” (in allegato); è stato considerato un periodo di sito calcolato sulla base delle formule previste dalla normativa regionale, col quale si ottengono i risultati maggiormente cautelativi.

I risultati sono riassunti nelle tabelle seguenti:

Periodo T compreso tra 0,1 s e 0,5 s		Periodo T compreso tra 0,5 s e 1,5 s	
Fa di sito	Fa di soglia	Fa di sito	Fa di soglia
1,7	B → 1,5 ± 0.1 C → 1,8 ± 0.1	1,2	B → 1,7 ± 0.1

L’analisi sito-specifica di 2° livello eseguita (vedi scheda allegata) ha pertanto verificato che:

- per edifici con periodo T compreso tra 0,1 e 0,5 s si ottengono valori di Fa di sito pari ai valori di soglia normativi compatibili con la categoria di sottosuolo C;
- per edifici con periodo compreso tra 0,5 s e 1,5 s si ottengono valori di Fa di sito inferiori ai valori di soglia normativi compatibili con la categoria di sottosuolo B.

STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI - ANALISI DI 2° LIVELLO

secondo le procedure dell'All. 5 - D.g.r. 9-2616 del 30/11/2011

TERRENO LIMOSO SABBIOSO - TIPO 2

Prof base	Nspt	Vs
0		
2		350
10		320
12		450
27		550
37		800
137		900
337		1200
347		1600
Oltre 27 m		> 800

Vs 27	432	Cat. B
--------------	-----	--------

PERIODO DEL SITO

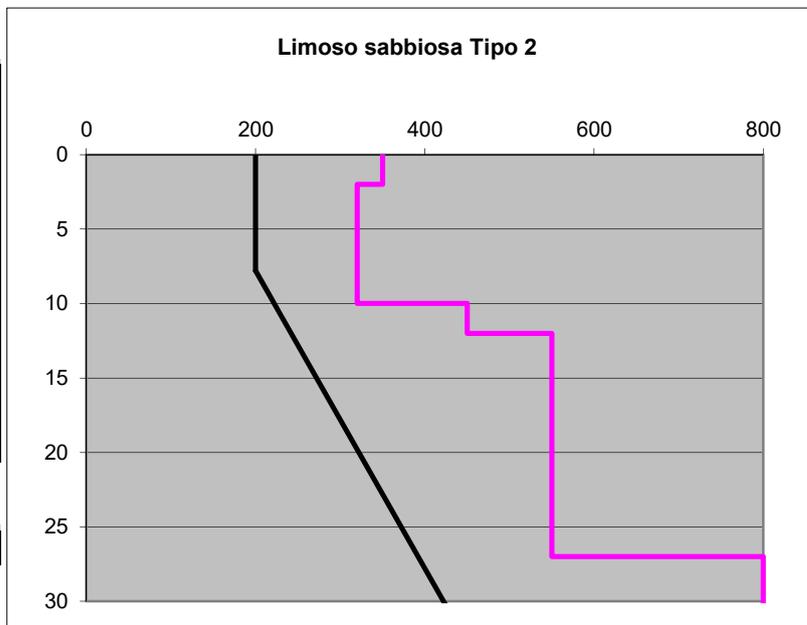
T	0,235
----------	--------------

PRIMO STRATO

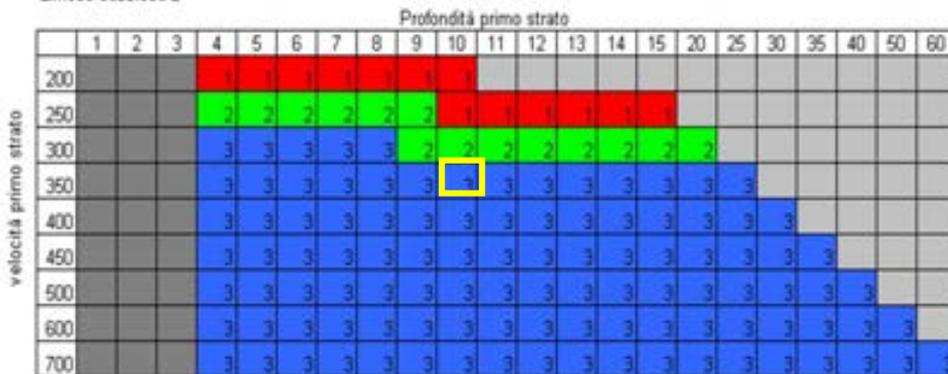
Prof. base	10
Vs	326

Curva caratteristica

n°	3
----	----------



Limosa sabbiosa 2



VERIFICA

Valori Fa di sito

0,1 s < T < 0,5 s	1,7
-------------------	-----

0,5 s < T < 1,5 s	1,2
-------------------	-----

COMUNE DI DESENZANO

Valori Fa di soglia

Terreni di tipo:

B	C	D	E
1,5	1,8	2,3	2

1,7	2,4	4,3	3
-----	-----	-----	---

Indagine: Loc. Campagnoli

Località LONATO D/G

Cat. di sottosuolo ai sensi del D.M. 17/01/18: B

 Cat. di sottosuolo di sito ai sensi del D.M. 17/01/18

 Cat. di sottosuolo da adottare in progetto a seguito dell'analisi di II livello secondo le procedure dell'All. 5 D.g.r. 9-2616 del 30/11/2011

6.1.2 Categoria Topografica (D.M. 17/01/2018)

Per quanto concerne le **condizioni topografiche** si potrà fare riferimento alla tabella 3.2.III del D.M. 17/01/18:

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Per il sito di progetto, inserito in un contesto di piana fluvioglaciale sub-pianeggiante, si può tenere conto di una **categoria topografica T1** che non comporterà alcun incremento del valore di St.

6.2 Pericolosità Sismica del Sito – Parametri sismici di riferimento

Per il sito di progetto, possono essere stimati per varie frequenze annuali di superamento, i valori dei parametri sismici normativi (a_g , F_0 e T_c^*) relativi alla Pericolosità Sismica mediante il programma Spettri-NTC ver.1.0.3, utilizzando le coordinate geografiche del sito di interesse.



FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 10,51670 LATITUDINE: 45,43523

Ricerca per comune

REGIONE: Lombardia PROVINCIA: Brescia COMUNE: Lonato

Elaborazioni grafiche: Grafici spettri di risposta, Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche: Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito: km 7,5

Reticolo di riferimento: Controllo sul reticolo: Sito esterno al reticolo, Interpolazione su 3 nodi, Interpolazione corretta

Interpolazione: superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

Nel caso specifico, tenuto conto per il manufatto di progetto di una **Classe d'Uso II** (paragrafo 2.4.2 NTC-18) è stata ipotizzata una strategia di progettazione per manufatti ordinari (**Fase 2**). Si rimanda al Tecnico Progettista l'eventuale definizione di una diversa classe d'uso e di conseguenza di una strategia di progettazione differente.

In particolare si propongono i seguenti parametri progettuali ed i relativi periodi di riferimento da utilizzare per i diversi Stati Limite:

Vita Nominale della costruzione (in anni) - V_N	50			
Coefficiente d'uso della costruzione - C_U	1			
Periodo di Riferimento per la costruzione (in anni) T_R	SLO 30	SLD 50	SLV 475	SLC 975

I valori dei parametri sismici normativi (a_g , F_0 e T_c^*) relativi alla pericolosità sismica stimati secondo la strategia di progettazione ordinaria sono di seguito elencati:

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

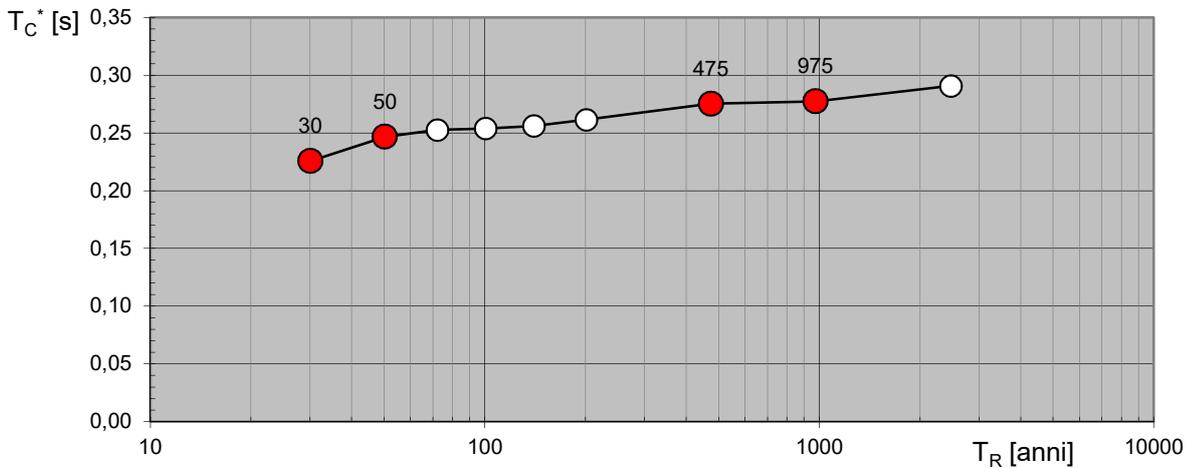
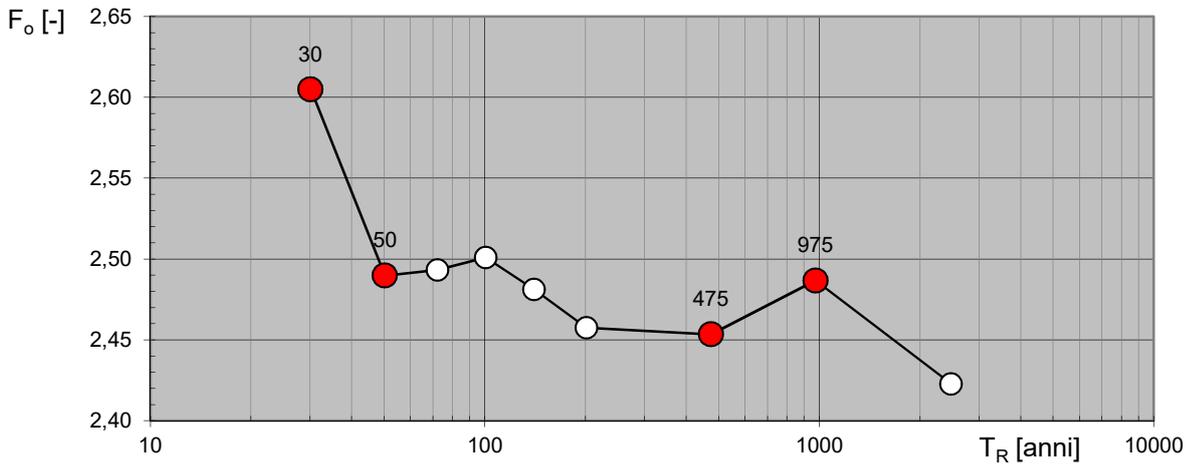
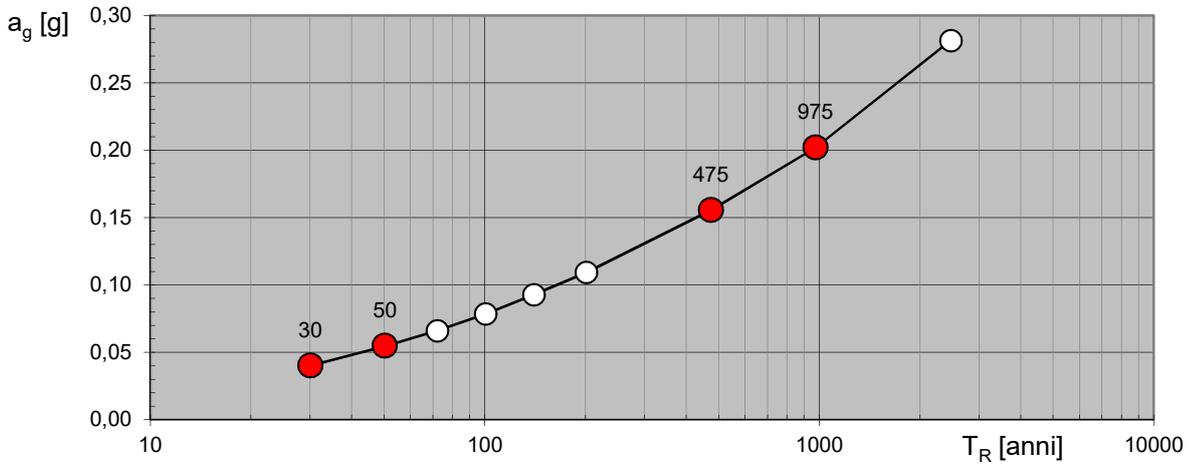
SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0,040	2,605	0,226
SLD	50	0,055	2,490	0,247
SLV	475	0,156	2,453	0,275
SLC	975	0,202	2,487	0,277

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

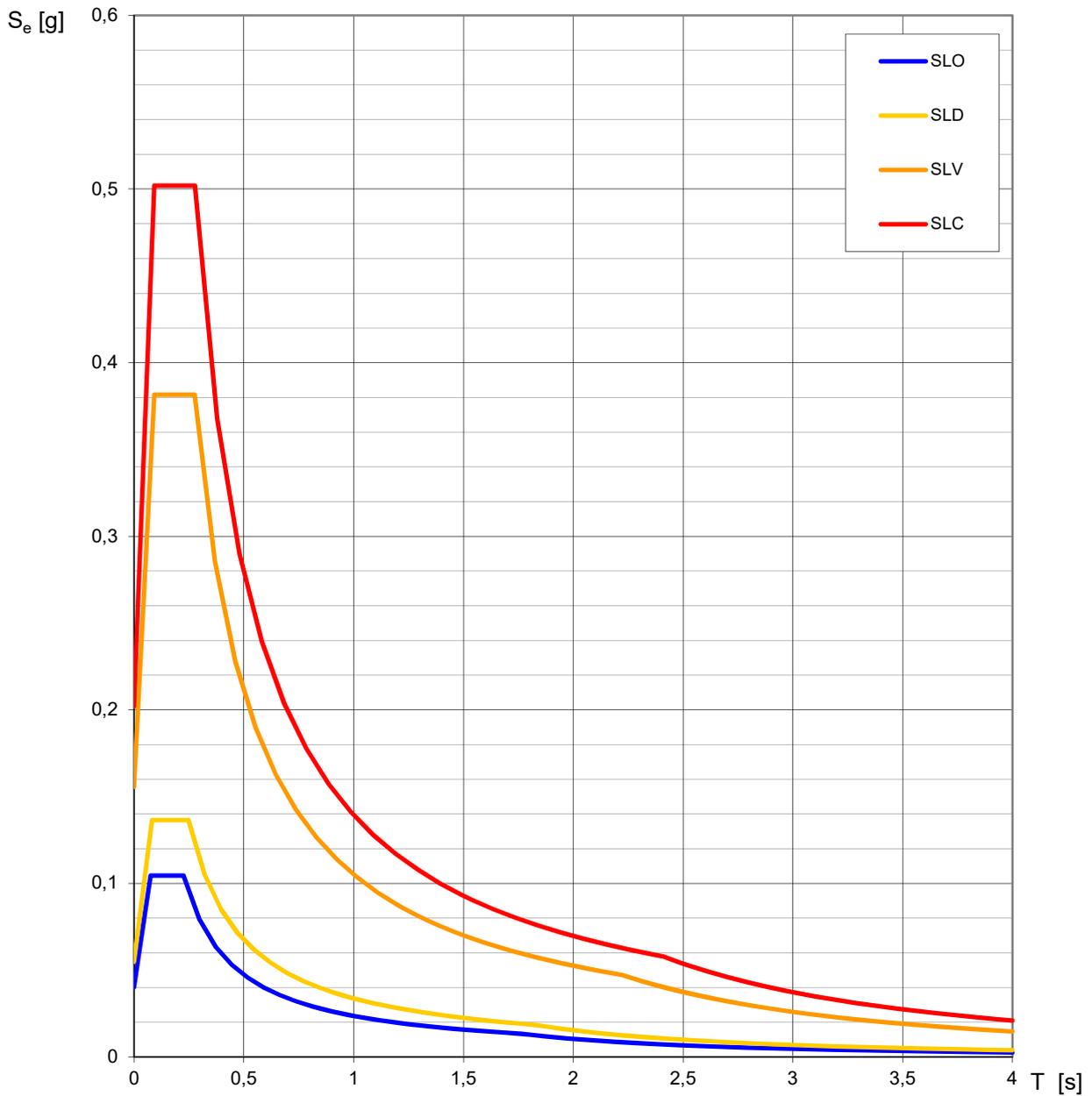
Si allegano gli spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL, nonché i diagrammi con la variabilità dei valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* in funzione del periodo di ritorno T_R associati a ciascun SL.

Si rimanda al Tecnico Progettista delle Strutture, o ad un'eventuale valutazione congiunta, la determinazione (**Fase 3**) dell'Azione Sismica di Progetto e quindi dello Spettro di Progetto Elastico (SLE) o Inelastico (SLU).

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



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

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

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

6.3 Amplificazione Stratigrafica (S_s) e Topografica (S_t)

Per l'utilizzo dei metodi, delle formule e delle tabelle riportate nella nuova versione aggiornata del Testo Unico (D.M. 17/01/18) si potrà tenere conto della categoria di sottosuolo stimata e dei valori dei parametri di pericolosità sismica del sito e potranno essere applicate le seguenti espressioni (§3.2.3.2.1):

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_v \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c')^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_v \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c')^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_v \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c')^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_v \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c')^{-0,40}$

Per l'intervento di progetto, entro i due ambiti geologici definiti, per le verifiche allo Stato Limite di Danno (SLD) ed allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV), si possono utilizzare i seguenti valori:

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO C per manufatti con periodo $0,1 s < T < 0,5 s$	SLD	S_s	1,500	SLV	S_s	1,471
		C_c	1,666		C_c	1,607

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO B per manufatti con periodo $0,5 s < T < 1,5 s$	SLD	S_s	1,200	SLV	S_s	1,200
		C_c	1,455		C_c	1,424

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_t riportati nella seguente tabella:

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_t

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_t
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Per il sito d'intervento si potrà tenere conto di una categoria topografica T1, che comporta valori di S_t pari a **1.0**.

6.4 Stabilità del sito nei confronti della liquefazione – Esclusione della verifica a liquefazione ai sensi del D.M. 17/01/18

L'area di progetto è stata classificata, nello Studio della Componente Geologica del PGT vigente (*Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio "Carta di pericolosità sismica locale" Tav. 8 – Maggio 2010 - Dott. Geol. Rosanna Lentini*) entro lo scenario di pericolosità sismica Z2, ambito soggetto a cedimenti e liquefazione riferito a "Zona con terreni scadenti"; **pertanto è richiesto un Approfondimento sismico di 3° livello per fenomeni di liquefazione**, secondo le procedure indicate nel paragrafo 2.3.2 dell'All.5 della D.G.R. 9/2616/2011.

Nel presente capitolo verranno prese in considerazione le problematiche di stabilità del sito di progetto nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni drenate.

Nel presente capitolo verranno in ogni caso prese in considerazione le problematiche di stabilità del sito di progetto nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni drenate.

La valutazione della suscettibilità di liquefazione di un terreno verrà eseguita in applicazione di quanto previsto al paragrafo §7.11.3.4 del D.M. 17/01/18. Laddove fossero ipotizzati effetti di liquefazione dei terreni tali da influire sulle condizioni di stabilità del sito o dei manufatti di progetto occorrerà procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o a trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

Sinteticamente si può affermare che il fenomeno di liquefazione dei terreni si può verificare durante un evento sismico in presenza di terreni sabbiosi o sabbioso-limosi saturi poco addensati.

Per la determinazione empirica del potenziale di liquefazione dei terreni di fondazione devono essere considerati i seguenti fattori:

- età dei depositi;
- magnitudo del sisma di riferimento;
- pressione di confinamento;
- storia tensionale (sollecitazioni sismiche pregresse);
- presenza di intervalli di sabbie fini o sabbie limose in falda con fuso granulometrico che ricade nell'intervallo granulometrico compreso tra 0.075 mm e 2.0 mm;
- uniformità granulometrica con sabbie e sabbie limose con indice di plasticità IP inferiore al 10 %;
- addensamento molto scarso dei terreni sabbiosi con valori di densità relativa (D_r) inferiore al 50 % e correlata a bassi valori di NSPT, in ogni caso funzione della profondità.

Parte di tali fattori risultano di fatto determinare anche le "circostanze" di esclusione dalla verifica a liquefazione elencate al punto §7.11.3.4.2 del D.M. 17/01/2018 e che verranno analizzate nell'ordine richiesto dalla normativa e fino ad eventuale riscontro di una di esse:



1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

La verifica a liquefazione potrà essere omessa quando si manifesti almeno una delle soprariportate circostanze.

6.4.1 Circostanze di esclusione relativi all'input sismico

Si è pertanto proceduto a verificare inizialmente, in applicazione della normativa, la circostanza di esclusione prevista al punto 1 del paragrafo §7.11.3.4.2 correlata a fattori legati all'input sismico e definita dal valore di accelerazione massima attesa al piano campagna in assenza di manufatti.

Durante un terremoto infatti il terreno può essere visto come sottoposto ad una serie di cicli di carico variabili in intensità e numero in funzione della magnitudo del sisma stesso.

In terremoti di elevata magnitudo è sufficiente un numero ridotto di cicli di carico per produrre la liquefazione del deposito, poiché ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di maggiore intensità. In terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto lo si ottiene con un numero superiore di cicli di carico. In definitiva quindi una elevata magnitudo del sisma (maggiore intensità degli sforzi di taglio applicati al terreno) e una lunga durata dello stesso (maggior numero di cicli di carico) rendono più probabile l'iniziarsi della liquefazione in un deposito sabbioso saturo.

Anche depositi sciolti con medio-bassa predisposizione possono subire liquefazione se interessati da un terremoto con una magnitudo e una durata sufficientemente elevate.

I parametri fondamentali legati all'evento sismico sono:

- Accelerazione sismica orizzontale
- Magnitudo
- Durata

Riguardo l'accelerazione sismica orizzontale massima (a_{max}) il D.M. 17/01/2018 al comma 1 del paragrafo §7.11.3.4.2 indica quale circostanza di esclusione dalla verifica a liquefazione valori di a_{max} inferiori a 0,1 g.



L'accelerazione sismica orizzontale massima (a_{max}) in superficie è direttamente legata allo sforzo di taglio applicato sul terreno e poiché si riferisce alla superficie è necessario tener conto degli effetti di amplificazione stratigrafica e topografica; il parametro si ricava direttamente dalla caratterizzazione sismica del sito in esame e più specificatamente dai parametri (riferiti allo Stato Limite Ultimo SLV) presenti nella seguente relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = (S_S \cdot S_T) \cdot a_g \quad [7.11.5]$$

dove

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

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Il valore soglia non coincide con quanto suggerito dall'Eurocodice 8 che lo pone a 0,15 g: tale differenza è giustificata dal contesto sismico italiano nel quale risulta molto improbabile l'insacco di fenomeni di liquefazione in corrispondenza di a_{max} minori di 0,10 g.

In merito alla **magnitudo di un sisma** la nuova versione delle NTC 2018, in analogia a quanto contenuto nell'Eurocodice 8, non viene tenuta in considerazione a differenza del precedente D.M. 14/01/2008 che indicava quale circostanza di esclusione dalla verifica a liquefazione "eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5".

Per quanto riguarda la **durata dell'evento sismico** il numero di cicli di carico a cui è sottoposto il terreno dipende dalla durata del sisma e quindi maggiore è la durata dell'evento e maggiore sarà la probabilità di insacco della liquefazione in depositi suscettibili. La durata dell'evento sismico assume grande importanza in aree distanti dall'epicentro poiché un numero abbastanza elevato di cicli di carico potrebbe portare all'accumulo di sovrappressioni in grado di generare la liquefazioni nonostante il moto sismico e quindi lo sforzo di taglio indotto nel terreno sia notevolmente attenuato dalla lontananza dall'epicentro. Tuttavia il testo aggiornato del D.M. 17/01/2018, confermando quanto precedentemente stabilito nel 2008, non indica in che modo tener conto di questo fattore.

Si è quindi tenuto conto di un valore di base di a_g pari a **0,156 g (SLV)**, di un fattore S determinato dal prodotto dell'amplificazione morfologica ($S_T=1,0$) e dell'amplificazione litologica (S_S pari al valore massimo di **1,471** per lo spettro di progetto SLV). Si è pertanto considerato un **valore complessivo di accelerazione sismica orizzontale pari a 0,229 g**.

Tale valore di a_{max} risulta superiore a quello previsto quale soglia di esclusione dal comma 2, si procede alla verifica delle condizioni dei commi successivi.



6.4.2 Circostanze di esclusione relativi a fattori geologici-geotecnici

I commi 2-3-4 del paragrafo §7.11.3.4.2 del D.M. 17/01/18 forniscono di fatto i riferimenti quantitativi “normativi” da applicare per definire la necessità per un sito di procedere alla verifica a liquefazione dei terreni per fattori geologico-geotecnici; essi prendono infatti in esame la profondità della falda, le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti al di sotto del piano di fondazione e la loro distribuzione granulometrica (Fig. 7.11.1).

2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

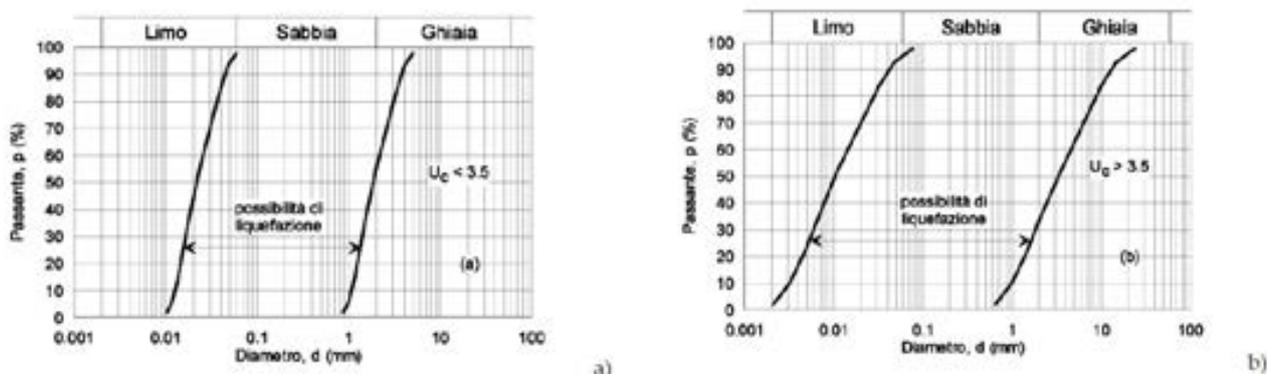


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Per il sito di progetto si può ipotizzare la presenza di una falda idrica piuttosto continua, seppure di limitato spessore, circolante al passaggio tra depositi fluvio-glaciali/materiali di riporto ed i depositi glaciali a partire da circa -11/-12 m dal p.c. (118/119 m s.l.m.) e di possibili locali livelli, discontinui e di limitato spessore, circolanti entro i materiali di riporto a minore quota; non si ritiene pertanto di potere escludere la liquefazione per assenza di falda (comma 2).

Risulta, a nostro parere, soddisfatta la condizione di esclusione prevista al comma 4, in quanto sono presenti terreni a litologia/granulometria (vedi Cap. 5) con curve granulometriche esterne o marginali al campo di possibile liquefazione individuato dalla Fig. 7.11.1. ed i terreni entro cui circolano (depositi glaciali) possiedono caratteristiche geotecniche elevate.

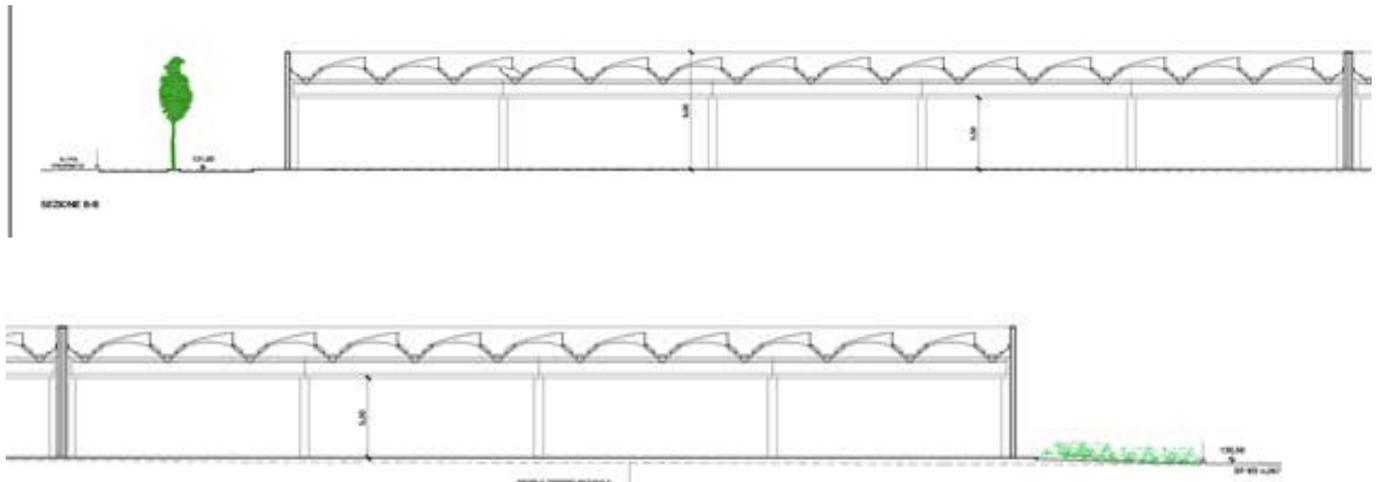
Si ritiene quindi il sito di progetto soggetto ad esclusione alla verifica alla liquefazione ai sensi del D.M. 17/01/18.

7 INTERVENTO DI PROGETTO- PROBLEMATICHE REALIZZATIVE- PRESCRIZIONI

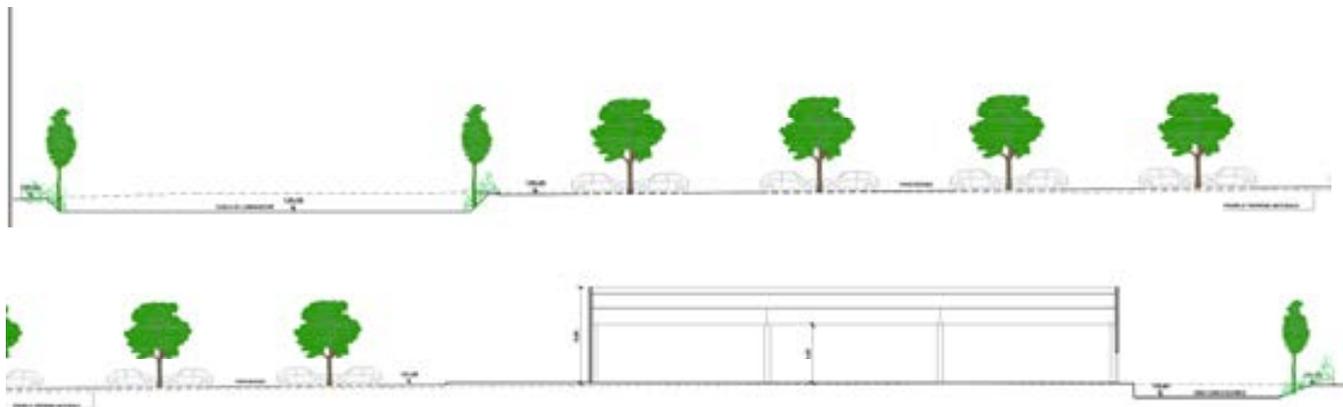
Il progetto prevede la realizzazione di un capannone con superficie coperta pari a 8500 mq ed altezza pari a 5,50/9,00 m, con un ampio parcheggio antistante. Nell'estremità Sud del sito è prevista la realizzazione di una vasca di laminazione.



Sezione B-B



Sezione A-A



Mediante le campagne di indagine eseguite è stato ricostruito il **modello geologico-geotecnico (Cap.5)** per le aree di progetto **con riferimento all'area di realizzazione del nuovo edificio e pertanto alla porzione Nord dell'intera proprietà.**

E' stata evidenziata la presenza estesa e continua di una **massicciata superficiale ghiaioso-sabbiosa** di spessore pari a circa 1-2 m (**Unità RIP 1**) addensata che caratterizza il piazzale esistente.

Al di sotto della massicciata sono stati riconosciuti **due ambiti geologico-geotecnici** con caratteristiche peculiari:

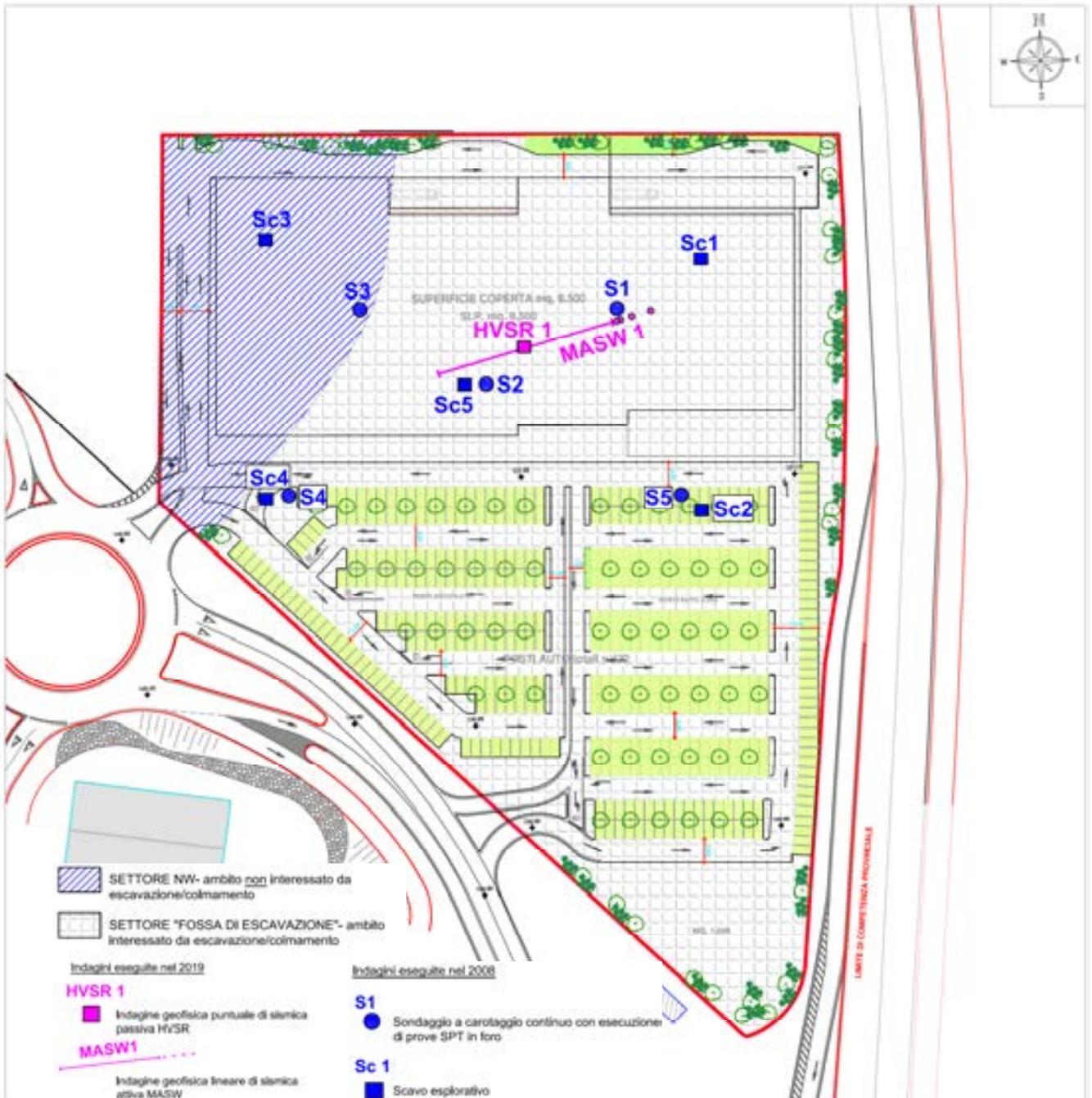
- **SETTORE "FOSSA DI ESCAVAZIONE"**

In corrispondenza della **porzione centrale e orientale del nuovo capannone**, è stata riconosciuta l'esistenza di una vecchia "**Fossa di escavazione**", alquanto estesa, presso cui in passato sono stati previsti l'asportazione dei terreni ghiaioso-sabbiosi riferibili ai depositi fluvio-glaciali ed il successivo riempimento mediante **materiali di riporto (Unità RIP 2)**, compressibili, eterogenei e con grado di addensamento variabile da scarso a medio. Tale ambito interessa gran parte dell'area d'intervento, spingendosi i materiali di riporto fino alla profondità di circa -9,3/-12,7 m dal p.c., laddove poggiano direttamente al di sopra dei **depositi Glaciali (Unità G)** a buone caratteristiche geotecniche.

- **SETTORE NW**

In corrispondenza del **settore NW del capannone**, di limitata estensione, si identifica un'**area marginale all'ambito di escavazione**, essendo stata sede degli impianti di lavorazione.

Presso questo ambito si riscontra infatti al di sotto di una coltre limitata di materiali di riporto (Unità RIP 2), quindi a partire dalla profondità di -1,20/-2,50 m dal p.c., il terreno naturale ghiaioso-sabbioso e localmente limoso-sabbioso-ghiaioso afferente ai **depositi fluvio-glaciali (Unità FG)**, nel complesso da moderatamente addensati ad addensati. Oltre circa -9,2 m dal p.c. sono presenti i **depositi glaciali (Unità G)** a buone caratteristiche geotecniche.



Il settore “Fossa di escavazione”, anche sulla base della presa visione di alcune Ortofoto riferite agli anni '70 e dei ricordi storici, è stato esteso fino all'estremità Sud dell'area di proprietà; si ritiene in ogni caso che tale ipotesi vada opportuna verificata mediante specifiche indagini nel caso di opere o manufatti ubicati in questa area ad oggi non oggetto di indagini (vasca di laminazione, sistemi di dispersione delle acque per sub-irrigazione, opere murarie, tettoie, pali, ecc.).

Le scelte progettuali ed i criteri realizzativi per le **nuove strutture di fondazioni del capannone di progetto** dovranno essere finalizzati a garantire, in ogni caso, la stabilità dei luoghi, l'esecuzione dei lavori in condizioni di sicurezza, la verifica della pressione limite e delle resistenze dei terreni di fondazione anche in funzione dei cedimenti previsti in fase d'esercizio, nonché la compatibilità con l'assetto idrogeologico del territorio.

Per il **settore "fossa di escavazione"** si renderà necessaria la posa in opera di strutture di fondazione su **pali**, intestati entro il substrato naturale (Unità G) per almeno 3 m.

In fase esecutiva dovrà essere eseguita la sistematica verifica della profondità del substrato naturale, riscontrato nelle indagini a partire da una profondità massima di circa 12,70 m dal p.c..

Limitatamente al **settore NW**, si potranno prevedere fondazioni superficiali a **plinti** o **nastriformi** con **piano di posa posto ad una profondità di -2,00/-2,50 m dal p.c.** e quindi in corrispondenza dei **depositi fluvio-glaciali** appartenenti all'**Unità geotecnica Fg** a buone caratteristiche geotecniche.

SI RIMANDA IN OGNI CASO AL PROGETTISTA DELLE STRUTTURE DI VALUTARE ATTENTAMENTE LA SCELTA DI ESEGUIRE FONDAZIONI "MISTE" E DI PREVEDERE EVENTUALI GIUNTI STRUTTURALI TRA PORZIONI DI EDIFICIO CARATTERIZZATI DA DIFFERENTI TIPOLOGIE FONDAZIONALI.

In ogni caso per eventuali strutture di fondazione superficiali, che ricadano nel settore NW si dovrà procedere ad una sistematica verifica della natura del terreno di fondazione. Laddove i materiali di riporto possedessero localmente spessori maggiori di quelli riscontrati in fase d'indagine e/o interferenti con la quota di posa delle fondazioni previste **si prescrive, idoneo approfondimento del piano d'imposta**, ovvero in alternativa operazione di **bonifica geotecnica con rimozione**, anche localizzata alla sola impronta delle fondazioni, di un idoneo strato di terreno a cui dovrà seguire il getto di magrone per raggiungere la quota d'imposta prevista.

In accordo con l'assetto idrogeologico della zona è stata rilevata la presenza della falda superficiale oltre -11/-12 m dal p.c. (circa 118/119 m s.l.m.), circa al passaggio tra i depositi fluvio-glaciali/terreni di riporto ed i depositi glaciali. Tale falda laddove circolante entro i depositi glaciali ricchi di livelli limoso-argillosi risulta avere caratteristiche di semi-confinamento e spessore verticale e continuità laterale per lo più limitati. Sono state rilevate solo localmente (Sondaggi S5 e scavo Sc2) falde superficiali sospese, circolanti entro i materiali di riporto, di scarsa produttività e discontinue.

Per l'esecuzione di qualsiasi intervento di scavo si dovrà operare nel rispetto delle condizioni di stabilità dei fronti, mantenendo altezze ed inclinazioni rapportabili con le caratteristiche geotecniche dei terreni esistenti. Si rimanda per ogni dettaglio allo specifico paragrafo relativo alle operazioni di scavo (Cap. 9)



7.1 Interventi di mitigazione correlati alla vulnerabilità idrogeologica

Infine si richiede di realizzare, quale mitigazione della vulnerabilità idrogeologica segnalata nelle norme di Fattibilità del PGT, un sistema di raccolta delle acque di deflusso provenienti dalle aree di monte (viabilità, versanti, ecc.) oltre che dalle nuove superfici impermeabili di progetto.

Le acque raccolte andranno quindi smaltite secondo uno specifico progetto idraulico; si sottolinea che eventuali **pozzi o sistemi di dispersione (anche vasche di laminazione con fondo disperdente o comunque naturale) dovranno essere necessariamente realizzati SOLO entro ambiti con presenza di terreni naturali ghiaioso-sabbiosi fluvio-glaciali (come già indicato nella relazione geologica del 2008) e tenendo conto della presenza delle falde acquifere.**

Si ritiene pertanto necessario **rivalutare la collocazione delle vasca di laminazione** che, sulla base delle attuali ipotesi geologico-geotecniche, si colloca entro il settore “fossa di escavazione” non idoneo alla sua realizzazione.

Si ritiene in ogni caso, come già sopra espresso (Cap. 7), che l’estensione areale dell’ambito “Fossa di escavazione” vada opportunamente verificata mediante specifiche indagini (vedi anche Cap. 9).

Per quanto concerne la verifica della qualità ambientale dei riporti presenti entro il sito di progetto si rimanda all’applicazione da parte dei Progettisti delle norme ambientali vigenti (D. Lgs 152/06 e s.m.i e D.P.R. 120/2017).



8 ELEMENTI PER LE VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

Per il D.M. 14/01/08 era ammesso per le costruzioni di tipo 1 e 2 e per Classe d'uso I e II, limitatamente a siti ricadenti in zona 4, il Metodo di Verifica alle Tensioni Ammissibili in deroga all'obbligo dei Metodi di calcolo agli Stati Limite (Cap. 2.7).

Il nuovo D.M. 17/01/2018 (in vigore a partire dal 22/03/2018) ha eliminato questa possibilità e pertanto le prestazioni di tutte le opere o parti di esse devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto, di cui al § 2.4. Si definisce stato limite una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze elencate in normativa.

Il Testo Unico (D.M. 17/01/18), che aggiorna le “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” indicate precedentemente nel D.M. 14/01/08, definisce i requisiti, di interesse geologico-geotecnico, che opere e strutture devono possedere: *sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU)* e quindi capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone oppure comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera; *sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE)* quale capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio; *durabilità* intesa come capacità della costruzione di mantenere, nell'arco della vita nominale di progetto, i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione.

Nei paragrafi a seguire verranno consigliati i parametri geotecnici da assumere in progetto per il calcolo e le verifiche delle fondazioni e delle strutture e verranno sviluppati alcuni elementi geotecnici per le Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) ed agli Stati Limite di Esercizio (SLE).

Si rimanda in ogni caso alla Relazione di Calcolo delle Fondazioni ed alle Relazioni Strutturali per la predisposizione delle verifiche s.s..

8.1 Parametri geotecnici di progetto – SETTORE NW del capannone - Fondazioni Dirette

Solo per il **settore NW del capannone di progetto** si ipotizza la possibilità di eseguire fondazioni superficiali a **plinto o nastriforme con piano di posa posto ad una profondità di -2,00/-2,50 m dal p.c.** e quindi in corrispondenza dei **depositi fluvioglaciali** appartenenti all'Unità geotecnica Fg a buone caratteristiche geotecniche.

SI RIMANDA IN OGNI CASO AL PROGETTISTA DELLE STRUTTURE DI VALUTARE ATTENTAMENTE LA SCELTA DI ESEGUIRE FONDAZIONI “MISTE” E DI PREVEDERE EVENTUALI GIUNTI STRUTTURALI TRA PORZIONI DI EDIFICIO CARATTERIZZATI DA DIFFERENTI TIPOLOGIE FONDAZIONALI.

In ogni caso per eventuali strutture di fondazione superficiali, che ricadano nel settore NW si dovrà procedere ad una sistematica verifica della natura del terreno di fondazione. Laddove i materiali di riporto possedessero localmente spessori maggiori di quelli riscontrati in fase d'indagine e/o interferenti con la quota di posa delle fondazioni previste si prescrive, idoneo approfondimento del piano d'imposta, ovvero in alternativa operazione di bonifica geotecnica con rimozione, anche localizzata alla sola impronta delle fondazioni, di un idoneo strato di terreno a cui dovrà seguire il getto di magro20ne per raggiungere la quota d'imposta prevista.



Ai fini della stima dei carichi limiti e di esercizio si propone di assumere i seguenti parametri di progetto:

	20 kN/m ³	Peso unitario del terreno (Terzaghi & Peck 1967 – Bowles, 1982)
Cu	– kPa	Coesione non drenata (Terzaghi-Peck)
Dr	60%	Densità relativa (Terzaghi-Peck e Gibbs-Holtz)
	30°	Angolo di resistenza al taglio efficace
	C edifici con periodo T compreso tra 0,1 e 0,5 B edifici con periodo T compreso tra 0,5 e 1,5	categoria di sottosuolo (ai sensi del D.M. 17/01/2018 e della D.G.R. 9/2616/2011)
	T1	categoria topografica (ai sensi del D.M. 17/01/2018)

8.2 Parametri geotecnici di progetto – Fondazioni PROFONDE

Nel settore orientale, alla luce di quanto esposto ai Capp. 4-5 e 7, si ritiene necessario per l'aportazione centrale ed orientale del capannone di progetto (settore Fossa di Escavazione), ed in ogni caso opportuno anche per il settore NW, che le nuove strutture di fondazione siano di tipo indiretto ed idoneamente intestate entro l'unità geotecnica riferita ai depositi Glaciali dell'Unità G, presente a partire **-9.20/-12.70 m dal p.c.** o, in alternativa per il settore NW, entro i depositi Fluvioglaciali dell'Unità Fg, presente a partire a partire **-1,20/-2,50 m dal p.c.**

Ai fini della stima dei carichi limiti e di esercizio, per fondazioni profonde si propone di assumere i seguenti parametri di progetto per i carichi in punta:

	21 kN/m ³	Peso unitario del terreno (Terzaghi & Peck 1967 – Bowles, 1982)
Cu	– kPa	Coesione non drenata (Terzaghi-Peck)
Dr	80%	Densità relativa (Terzaghi-Peck e Gibbs-Holtz)
	32°	Angolo di resistenza al taglio efficace
	C edifici con periodo T compreso tra 0,1 e 0,5 B edifici con periodo T compreso tra 0,5 e 1,5	categoria di sottosuolo (ai sensi del D.M. 17/01/2018)
	T1	categoria topografica (ai sensi del D.M. 17/01/2018)

8.3 Fondazioni superficiali – SOLO SETTORE NW

I calcoli sono stati eseguiti in funzione di **ipotetiche fondazioni superficiali sia a plinto che nastriformi** come descritte al Cap. 7 ed al §8.1; per le dimensioni delle fondazioni e per le profondità di posa nei calcoli si è tenuto conto di ipotesi progettuali che dovranno essere verificate in relazione alle scelte adottate dai Progettisti delle strutture.

Per le dimensioni dei **plinti** a base quadrata si è tenuto conto di un **Df =1,00 m**, mentre per le fondazioni del tipo **nastriforme** di un **Df= 0,50 m**.

Si dovrà porre particolare attenzione alla verifica che il piano di appoggio delle fondazioni sia omogeneamente caratterizzato dalle unità geotecniche proposte nel paragrafo precedente (§8.1) e in adempimento alle modalità richieste **ed in ogni caso posto al di sotto del terreno di riporto a caratteristiche geotecniche scadenti**. Tale prescrizione potrà comportare localmente operazione di bonifica con rimozione di un idoneo strato di terreno, a cui dovrà seguire il getto di magrone e/o la posa di materiale grossolano idoneamente posato (rullato e vibro compattato) per raggiungere la quota d'imposta prevista.

Il calcolo della pressione limite (P_{lim}) è stato eseguito per **carichi centrati ed in condizioni statiche**, utilizzando il criterio di **Brinch-Hansen (1970)**, considerando terreni di fondazione unicamente granulari ($\phi > 0^\circ$, $C_u = 0$):

$$P_{lim} = 1/2 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot g + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot Z_q \cdot g_q$$

in cui:

- γ_1 = peso di volume del terreno di fondazione
- γ_2 = peso di volume medio del terreno sopra il piano di posa
- N_{γ}, N_q = fattori di capacità portante funzione di
- $q = \gamma_2 D_f$ = sovraccarico esistente ai bordi della fondazione
- D_f = altezza della fondazione o del terreno di confinamento della stessa
- B = lato minore della fondazione
- s_{γ}, s_q = fattori di forma
- d_{γ}, d_q = fattori di profondità
- Z_{γ}, Z_q = fattori correttivi sismici *
- g_{γ}, g_q = fattori di inclinazione del terreno (in caso di fondazione su pendio)

*: $Z_{\gamma} = Z_q = (1 - k_h / \tan \phi)^{0,35}$ (Paolucci e Pecker - 1997)

$K_h = s \cdot a_{max} / g$ ($s = 0,24 - NTC18$)

Nel caso in cui il Progettista fornisca i carichi assiali ed i momenti agenti, gravanti sulla struttura di fondazione sarà possibile rielaborare i dati, tenendo conto di carichi eccentrici e delle dimensioni equivalenti della stessa fondazione.

Tali valutazioni possono altresì essere svolte nelle relazioni di calcolo strutturale e/o delle fondazioni predisposte dal Tecnico Progettista.

8.3.1 Elementi per le Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)

Per le geometrie e le dimensioni di fondazione ipotizzate, con **piano di imposta a -2,00 m dal p.c.** si ottengono i seguenti valori:

FONDAZIONI NASTRIFORMI

		CON SISMA (EFFETTO CINEMATICO)
B = 0,80 m	$P_{lim M1} = 3,4 \text{ kg/cm}^2 = 333 \text{ kPa}$	$P_{lim M1} = 3,3 \text{ kg/cm}^2 = 323 \text{ kPa}$
B = 1,00 m	$P_{lim M1} = 3,7 \text{ kg/cm}^2 = 363 \text{ kPa}$	$P_{lim M1} = 3,5 \text{ kg/cm}^2 = 343 \text{ kPa}$
B = 1,20 m	$P_{lim M1} = 3,9 \text{ kg/cm}^2 = 382 \text{ kPa}$	$P_{lim M1} = 3,8 \text{ kg/cm}^2 = 372 \text{ kPa}$

FONDAZIONI A PLINTO BASE QUADRATA

		CON SISMA (EFFETTO CINEMATICO)
B = 1,50 m	$P_{lim M1} = 7,4 \text{ kg/cm}^2 = 725 \text{ kPa}$	$P_{lim M1} = 7,1 \text{ kg/cm}^2 = 696 \text{ kPa}$
B = 2,00 m	$P_{lim M1} = 7,9 \text{ kg/cm}^2 = 774 \text{ kPa}$	$P_{lim M1} = 7,6 \text{ kg/cm}^2 = 745 \text{ kPa}$
B = 2,50 m	$P_{lim M1} = 8,4 \text{ kg/cm}^2 = 823 \text{ kPa}$	$P_{lim M1} = 8,1 \text{ kg/cm}^2 = 794 \text{ kPa}$
B = 3,00 m	$P_{lim M1} = 9,0 \text{ kg/cm}^2 = 882 \text{ kPa}$	$P_{lim M1} = 8,7 \text{ kg/cm}^2 = 853 \text{ kPa}$
B = 3,50 m	$P_{lim M1} = 9,6 \text{ kg/cm}^2 = 941 \text{ kPa}$	$P_{lim M1} = 9,2 \text{ kg/cm}^2 = 902 \text{ kPa}$
B = 4,00 m	$P_{lim M1} = 10,2 \text{ kg/cm}^2 = 1000 \text{ kPa}$	$P_{lim M1} = 9,8 \text{ kg/cm}^2 = 960 \text{ kPa}$

Tali valori potranno essere utilizzati per la Verifica della Sicurezza e delle Prestazioni allo SLU del complesso fondazione–terreno richiesta dal Cap. 6 del D.M. 17/01/18 (paragrafi 6.2.4.1 e 6.4.2.1).

Il valore di P_{lim} può essere considerato, infatti, coincidente con i carichi limite stimati applicando per i parametri del terreno/substrato roccioso i coefficienti (γ_M) del caso M1 (tab. 6.2.II del D.M. 17/01/18).

Il calcolo dei carichi limite nel caso M2 (tab. 6.2.II del D.M. 17/01/18) richiede, altresì, l'applicazione di coefficienti riduttivi ($\gamma_M \geq 1$) ai parametri geotecnici del terreno/substrato roccioso. Procedendo nel calcolo si ottengono i seguenti valori:

FONDAZIONI NASTRIFORMI

		CON SISMA (EFFETTO CINEMATICO)
B = 0,80 m	$P_{lim M2} = 1,8 \text{ kg/cm}^2 = 176 \text{ kPa}$	$P_{lim M2} = 1,7 \text{ kg/cm}^2 = 167 \text{ kPa}$
B = 1,00 m	$P_{lim M2} = 1,9 \text{ kg/cm}^2 = 186 \text{ kPa}$	$P_{lim M2} = 1,8 \text{ kg/cm}^2 = 176 \text{ kPa}$
B = 1,20 m	$P_{lim M2} = 2,0 \text{ kg/cm}^2 = 196 \text{ kPa}$	$P_{lim M2} = 1,9 \text{ kg/cm}^2 = 186 \text{ kPa}$

FONDAZIONI A PLINTO BASE QUADRATA

		CON SISMA (EFFETTO CINEMATICO)
B = 1,50 m	$P_{lim M2} = 3,7 \text{ kg/cm}^2 = 363 \text{ kPa}$	$P_{lim M2} = 3,5 \text{ kg/cm}^2 = 343 \text{ kPa}$
B = 2,00 m	$P_{lim M2} = 3,9 \text{ kg/cm}^2 = 382 \text{ kPa}$	$P_{lim M2} = 3,7 \text{ kg/cm}^2 = 363 \text{ kPa}$
B = 2,50 m	$P_{lim M2} = 4,1 \text{ kg/cm}^2 = 402 \text{ kPa}$	$P_{lim M2} = 3,9 \text{ kg/cm}^2 = 382 \text{ kPa}$
B = 3,00 m	$P_{lim M2} = 4,4 \text{ kg/cm}^2 = 431 \text{ kPa}$	$P_{lim M2} = 4,2 \text{ kg/cm}^2 = 412 \text{ kPa}$
B = 3,50 m	$P_{lim M2} = 4,7 \text{ kg/cm}^2 = 461 \text{ kPa}$	$P_{lim M2} = 4,4 \text{ kg/cm}^2 = 431 \text{ kPa}$
B = 4,00 m	$P_{lim M2} = 5,00 \text{ kg/cm}^2 = 490 \text{ kPa}$	$P_{lim M2} = 4,7 \text{ kg/cm}^2 = 461 \text{ kPa}$

Sono state quindi valutate le Resistenze R_d applicando ai valori stimati per i carichi limite M1 e M2, laddove necessario ed in funzione dell'approccio progettuale, ulteriori coefficienti parziali di sicurezza (γ_R) (Tab. 6.4.I e 6.8.I del D.M. 17/01/18) in funzione della "combinazione" di calcolo prevista dall'Approccio 1 Combinazione A2-M2-R2 ($\gamma_R = 1,1$) e Approccio 2 Combinazione A1-M1-R3 ($\gamma_R = 2,3$). Si riassumono i valori ottenuti nella seguente tabella:

	APPROCCIO 1 Combinazione A2-M2-R2 (Stabilità globale)	APPROCCIO 2 Combinazione A1-M1-R3 (Collasso per carico limite fondazione-terreno)
FONDAZIONI NASTRIFORMI Df = 0,50 m		
B = 0,80 m	$R_{d\ M2-R2} = 1,6\ \text{kg/cm}^2 = 157\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,5\ \text{kg/cm}^2 = 147\ \text{kPa}$
B = 1,00 m	$R_{d\ M2-R2} = 1,7\ \text{kg/cm}^2 = 167\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,6\ \text{kg/cm}^2 = 157\ \text{kPa}$
B = 1,20 m	$R_{d\ M2-R2} = 1,8\ \text{kg/cm}^2 = 176\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,7\ \text{kg/cm}^2 = 167\ \text{kPa}$
FONDAZIONI A PLINTO BASE QUADRATA Df = 1,00 m		
B = 1,50 m	$R_{d\ M2-R2} = 3,4\ \text{kg/cm}^2 = 333\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 3,2\ \text{kg/cm}^2 = 314\ \text{kPa}$
B = 2,00 m	$R_{d\ M2-R2} = 3,5\ \text{kg/cm}^2 = 343\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 3,4\ \text{kg/cm}^2 = 333\ \text{kPa}$
B = 2,50 m	$R_{d\ M2-R2} = 3,7\ \text{kg/cm}^2 = 363\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 3,7\ \text{kg/cm}^2 = 363\ \text{kPa}$
B = 3,00 m	$R_{d\ M2-R2} = 4,0\ \text{kg/cm}^2 = 392\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 3,9\ \text{kg/cm}^2 = 382\ \text{kPa}$
B = 3,50 m	$R_{d\ M2-R2} = 4,3\ \text{kg/cm}^2 = 421\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 4,2\ \text{kg/cm}^2 = 412\ \text{kPa}$
B = 4,00 m	$R_{d\ M2-R2} = 4,5\ \text{kg/cm}^2 = 441\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 4,4\ \text{kg/cm}^2 = 431\ \text{kPa}$
CON SISMA (EFFETTO CINEMATICO)		
	APPROCCIO 1 Combinazione A2-M2-R2 (Stabilità globale)	APPROCCIO 2 Combinazione A1-M1-R3 (Collasso per carico limite fondazione-terreno)
FONDAZIONI NASTRIFORMI Df = 0,50 m		
B = 0,80 m	$R_{d\ M2-R2} = 1,5\ \text{kg/cm}^2 = 147\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,4\ \text{kg/cm}^2 = 137\ \text{kPa}$
B = 1,00 m	$R_{d\ M2-R2} = 1,6\ \text{kg/cm}^2 = 157\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,5\ \text{kg/cm}^2 = 147\ \text{kPa}$
B = 1,20 m	$R_{d\ M2-R2} = 1,7\ \text{kg/cm}^2 = 167\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,7\ \text{kg/cm}^2 = 167\ \text{kPa}$
FONDAZIONI A PLINTO BASE QUADRATA Df = 1,00 m		
B = 1,50 m	$R_{d\ M2-R2} = 3,2\ \text{kg/cm}^2 = 314\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 3,1\ \text{kg/cm}^2 = 304\ \text{kPa}$
B = 2,00 m	$R_{d\ M2-R2} = 3,4\ \text{kg/cm}^2 = 333\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 3,3\ \text{kg/cm}^2 = 323\ \text{kPa}$
B = 2,50 m	$R_{d\ M2-R2} = 3,5\ \text{kg/cm}^2 = 343\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 3,5\ \text{kg/cm}^2 = 343\ \text{kPa}$
B = 3,00 m	$R_{d\ M2-R2} = 3,8\ \text{kg/cm}^2 = 372\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 3,8\ \text{kg/cm}^2 = 372\ \text{kPa}$
B = 3,50 m	$R_{d\ M2-R2} = 4,0\ \text{kg/cm}^2 = 392\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 4,0\ \text{kg/cm}^2 = 392\ \text{kPa}$
B = 4,00 m	$R_{d\ M2-R2} = 4,3\ \text{kg/cm}^2 = 421\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 4,3\ \text{kg/cm}^2 = 421\ \text{kPa}$

Allo stesso modo il Progettista dovrà applicare i coefficienti parziali dei casi A1 e A2 per le Azioni o per l'effetto delle azioni (F_{OE} - Tab. 6.2.I del D.M. 17/01/18) definiti in funzione dei carichi e dei loro effetti.

Il Progettista dovrà infine verificare che per ogni stato limite ultimo sia rispettata la condizione: $E_d \leq R_d$ (si rimanda in proposito alle specifiche Relazioni Tecniche del progettista delle fondazioni e delle strutture).

8.3.2 Elementi per le Verifiche agli Stati Limite d'Esercizio (SLE) – Stima dei cedimenti

Per le verifiche delle strutture allo Stato Limite d'Esercizio (SLE) bisogna in ogni caso tener conto dei cedimenti massimi verificabili in funzione dei carichi di progetto.

Per le strutture di fondazione ipotizzate, nel settore progettuale di ricostruzione dell'edificio residenziale, il calcolo dei cedimenti è stato eseguito utilizzando il metodo di *Burland-Burbidge (1983)*:

$$s = f_s \cdot f_h \cdot f_t (q' - 2/3 \cdot 'v_o) \cdot B^{0,7} \cdot I_c$$

in cui:

q' = pressione efficace lorda (kPa)

$'v_o$ = tensione verticale efficace alla quota d'imposta delle fondazioni (kPa)

I_c = indice di compressibilità, funzione di N_{spt}

f_s, f_h, f_t = fattori correttivi di forma.

Il calcolo viene condotto tenendo conto di vari carichi di esercizio ipotetici e dei relativi cedimenti differiti nel tempo (20 anni). **Non si è tenuto conto della possibile presenza di carichi pulsanti.**

FONDAZIONI NASTRIFORMI

B = 0.80 m	$P_{\text{prog-eser}} = 2.20 \text{ kg/cm}^2 = 216 \text{ kPa}$	s = 7 mm
B = 1.00 m	$P_{\text{prog-eser}} = 2.20 \text{ kg/cm}^2 = 216 \text{ kPa}$	s = 8 mm
B = 1.20 m	$P_{\text{prog-eser}} = 2.20 \text{ kg/cm}^2 = 216 \text{ kPa}$	s = 9 mm

FONDAZIONI A PLINTI QUADRATI

B = 1.50 m	$P_{\text{prog-eser}} = 2.20 \text{ kg/cm}^2 = 216 \text{ kPa}$	s = 7 mm
B = 2.00 m	$P_{\text{prog-eser}} = 2.20 \text{ kg/cm}^2 = 216 \text{ kPa}$	s = 9 mm
B = 2.50 m	$P_{\text{prog-eser}} = 2.20 \text{ kg/cm}^2 = 216 \text{ kPa}$	s = 10 mm
B = 3.00 m	$P_{\text{prog-eser}} = 2.20 \text{ kg/cm}^2 = 216 \text{ kPa}$	s = 11 mm
B = 3.50 m	$P_{\text{prog-eser}} = 2.20 \text{ kg/cm}^2 = 216 \text{ kPa}$	s = 13 mm
B = 4.00 m	$P_{\text{prog-eser}} = 2.20 \text{ kg/cm}^2 = 216 \text{ kPa}$	s = 14 mm

Sulla base dei calcoli elaborati per i **terreni di fondazione (depositi fluvigolaciali)** potranno essere utilizzati valori del coefficiente di sottofondazione verticale medio **k di Winkler dell'ordine di 1.5-3 kg/cm³** per strutture di fondazione a plinti e **k di Winkler dell'ordine di 2-3 kg/cm³** per strutture di fondazione nastriforme.

In nessun caso i valori stimati (sia per le resistenze che per i cedimenti) potranno essere utilizzati per fondazioni poggianti su materiali di riporto o su livelli o lenti di materiali a caratteristiche geotecniche particolarmente scadenti o in presenza di terreno rimaneggiato dalle operazioni di scavo e/o di fenomeni di ristagno d'acqua al piano di posa.

I valori stimati per il coefficiente di sottofondazione verticale medi K di Winkler derivano dall'applicazione della seguente relazione:

$$k_{vm} = q_e / w_{el}$$

in cui q_e = carico applicato in fondazione;
 w_{el} = cedimento elastico medio corrispondente.

Si rimanda al Progettista delle strutture l'assunzione in progetto di un valore di cedimento e del k di Winkler, compreso nel *range* ipotizzato, anche in funzione delle cautele complessive adottate per la progettazione.

I cedimenti, calcolati per le $P_{prog-eser}$ ipotizzate, potranno essere utilizzati per le verifiche in condizioni di esercizio (SLE), in quanto dovranno risultare compatibili, nelle diverse condizioni di carico, con la funzionalità della struttura in elevato e con la durabilità e l'esercizio dell'opera.

Rimane a discrezione del progettista l'utilizzo di $P_{prog-eser}$ differenti; si rimane altresì disponibili ad un'ulteriore stima dei cedimenti in relazioni a condizioni di carico diverse.

8.4 Fondazioni profonde

Le fondazioni indirette, prescritte per la porzione di capannone centrale e orientale (**settore "Fossa di Escavazione"**) e **consigliate** anche per la **settore NW** del capannone, andranno adeguatamente dimensionate ed intestate entro i depositi glaciali dell'unità geotecnica G, presente a partire da -9.20/-12.70 m dal p.c. o, in alternativa solo per il settore NW, entro i depositi Fluvioglaciali dell'unità geotecnica Fg, presente a partire da -1,20/-2,50 m dal p.c..

Si rimanda al §8.2 per le caratteristiche geotecniche proposte per l'unità geotecnica individuata quale idonea all'appoggio delle fondazioni indirette.

Per le strutture di fondazione la **profondità dei pali potrà indicativamente prevedere un massimo di circa -12/-15 m circa di profondità rispetto al p.c..**

L'estrema variabilità laterale dei materiali di riporto potrà comportare in ogni caso una diversa lunghezza dei pali. La lunghezza dei singoli pali dovrà essere pertanto verificata in fase esecutiva.

Tale scelta dovrà essere convenientemente guidata anche dalla valutazione dei carichi di progetto e della verifica delle strutture rispetto alle normative vigenti (D.M.17/01/18).

La tipologia di palo adatta al contesto in esame è rappresentata da micropali di medio diametro o in alternativa pali CFA. Per la realizzazione dei pali CFA si potrebbero avere difficoltà in fase di perforazione dovute alla presenza di grossi trovanti e/o blocchi di cls.

Nel contesto in esame i pali di tipo battuto o quelli di tipo vibroinfisso appaiono non adatti, data la presenza di terreni molto addensati costituenti il substrato.

La scelta della messa in opera, del diametro, della profondità e quindi della portata delle strutture di fondazione su pali dovrà essere preventivamente definita dal Progettista delle Strutture e stabilita con la ditta esecutrice. Sarà cura della ditta esecutrice l'eventuale messa in opera di pali pilota con relativi collaudi mediante prove di carico.



9 OPERAZIONI DI SCAVO

9.1 Modalità esecutive/prescrizioni degli scavi in condizioni di sicurezza

La realizzazione delle opere di progetto (nuovo capannone) potrà prevedere l'esecuzione di operazioni di scavo solo con riferimento alla posa delle fondazioni e pertanto con altezza ipotetica pari max 1-2 m per i manufatti ipotizzati sulla base delle planimetrie generali fornite.

In relazione alle considerazioni svolte al §7.1 ed al Cap.9 ad oggi non si prende in considerazione alcuna problematica correlata alla possibile realizzazione di una vasca di laminazione presso l'estremità Sud dell'area di progetto.

Al fine di garantire l'esecuzione degli interventi di scavo nel rispetto delle condizioni di stabilità dei fronti, si dovrà operare con cautela mantenendo altezze ed inclinazioni rapportabili con le caratteristiche geotecniche dei terreni esistenti.

In funzione della stratigrafia ricostruita e delle limitate estensioni ed altezze di scavo ipotizzate, per il sito in esame potrebbero essere considerate sufficienti le garanzie di tenuta dello scavo a breve termine, mantenendo inclinazioni del fronte non superiori a circa 40°-50°.

Gli interventi di sbancamento dovranno essere sempre eseguiti a distanza di sicurezza dalle proprietà contermini e dai manufatti esistenti.

Per tutti gli sbancamenti si raccomanda, infine, di non abbandonare i fronti di scavo aperti per periodi di tempo prolungati. A seguito di piogge intense tali fronti possono essere soggetti a fenomeni di dilavamento con conseguenti crolli delle pareti di scavo. In caso di pioggia i fronti di scavo dovranno essere protetti dal dilavamento superficiale mediante teloni impermeabili.

9.2 Massicciata di sottofondo della pavimentazione entro l'ambito della fossa di escavazione

Per la realizzazione della massicciata di sottofondo della pavimentazione del primo piano di calpestio entro il settore già oggetto di escavazione si dovrà tenere conto della presenza dei materiali di riporto.

A tal fine potrà essere sfruttata la presenza di uno strato superficiale costituito da ghiaia e sabbia, bene addensata a seguito del passaggio, negli anni, di mezzi pesanti. Si dovrà comunque procedere alla verifica della continuità di questo strato e del suo stato di addensamento.

Si consiglia in ogni caso di procedere ad una ulteriore compattazione, mediante vibrocompattatori.

La presenza di settori con materiali di riporto a caratteristiche geotecniche scadenti in superficie potrà comportare un intervento di bonifica dei terreni articolato nei seguenti punti:

1. Asportazione dello strato di terreno di riporto che possiede caratteristiche geotecniche molto scadenti, fino ad una profondità di -1.00 m a partire dalla base della soletta in cls di progetto.
2. Posa di uno strato di sottofondo dello spessore di circa 0.30 m costituito da grossi ciottoli o massi. Al termine della posa questi materiali dovranno essere opportunamente ben compattati mediante rullo vibrocompattante.

3. Posa di geosintetico (geogriglia) adeguatamente dimensionato, di interposizione tra lo strato di sottofondo costituito da ciottoli e massi e quello sovrastante. Il geosintetico avrà funzione di rinforzo e di separazione tra le diverse tipologie di terreno utilizzate nella ricarica. La posa del geotessile è finalizzata ad evitare la rottura del terreno per fenomeni di punzonamento poiché è di fatto in grado di produrre un efficace effetto di contenimento. Il geosintetico svolge infatti un'azione di rinforzo nei confronti delle azioni di taglio che si sviluppano tra i differenti strati di terreno.
4. Ricarica con adeguati materiali granulari (ghiaia mista sabbia-mistone di cava-ecc.) opportunamente ben compattati, mediante vibrocompattazione, in strati successivi di circa 25-30 cm di spessore.
5. Gli interventi di bonifica sono in ogni caso volti alla realizzazione di uno strato artificiale continuo ed omogeneo, con spessore di 1.00 m, di interposizione tra il terreno di riporto e la soletta della pavimentazione.
6. Il grado di addensamento raggiunto dai rilevati di progetto dovrà essere successivamente verificato mediante prove in situ (prove di carico su piastra e/o prove penetrometriche).

In fase esecutiva si raccomanda in ogni caso un sistematico controllo delle operazioni di bonifica.

9.3 Linee guida generali di utilizzo del materiale escavato

Nell'ambito della realizzazione delle opere si potrà prevedere la produzione di materiale derivanti da operazioni di scavo.

Il materiale escavato ha la possibilità di:

- **essere destinato allo stato naturale a fini di costruzione nello stesso sito in cui è stato escavato** (art. 185 D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. e art. 24 del D.P.R. n. 120 del 13/06/2017).

185. Esclusioni dall'ambito di applicazione *(articolo così sostituito dall'articolo 13 del d.lgs. n. 205 del 2010)*

1. Non rientrano nel campo di applicazione della parte quarta del presente decreto:

- a) le emissioni costituite da effluenti gassosi emessi nell'atmosfera;
- b) il terreno (in situ), inclusi il suolo contaminato non scavato e gli edifici collegati permanentemente al terreno, fermo restando quanto previsto dagli artt. 239 e ss. relativamente alla bonifica di siti contaminati;
- c) il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato;
- d) i rifiuti radioattivi;
- e) i materiali esplosivi in disuso;
- f) le materie fecali, se non contemplate dal comma 2, lettera b), paglia, sfalci e potature, nonché altro materiale agricolo o forestale naturale non pericoloso utilizzati in agricoltura, nella selvicoltura o per la produzione di energia da tale biomassa mediante processi o metodi che non danneggiano l'ambiente né mettono in pericolo la salute umana.

Questo articolo è stato sottoposto ad "Interpretazione Autentica" di Legge già mediante l'**Art. 3 – Disposizioni in materia di matrici materiali di riporto e ulteriori disposizioni in materia di rifiuti** della **L. 28 del 24/03/2012 (Conversione in legge con modificazioni del D. L. 2 del 25/01/2012 recante Misure Straordinarie e urgenti in materia ambientale)**.

Ai sensi dell'Art. 3 comma 1 della L. 28 del 24/03/2012 come modificato dall'art. 41 comma 3 lett. a) della L. 98/2013 (Decreto del Fare) "...omissis... i riferimenti al **suolo** contenuti all'art. 185 commi 1, lettere b) e c), e 4 del D. Lgs.152/06, si interpretano come riferiti anche alle **matrici materiali di riporto** di cui all'All. 2 alla parte IV del medesimo D. Lgs.", costituite da una miscela eterogenea di materiale di origine antropica quali residui e scarti di produzione e di consumo e di terreno, che compone un orizzonte stratigrafico specifico rispetto alle caratteristiche geologiche e stratigrafiche naturali del terreno in un determinato sito e utilizzate per la realizzazione di riempimenti rilevati e reinterri.

In sostanza l'Art. 3, comma1, del D. L. 2/2012 fornisce la definizione di "matrici materiali di riporto" evidenziando la volontà del legislatore di equiparare, al ricorrere di particolari condizioni, i materiali di riporto al suolo con conseguente applicazione dell'art. 185, comma 1, del D. Lgs 152/2006. Nello stesso senso depono il nuovo **D.P.R. 120/2017** con quanto definito dall'**Art. 4, comma 3**.

Al comma 2 dell'Art. 3 della L. 28 del 24/03/2012 come modificato dall'art. 41 comma 3 lett. b) della L. 98/2013 si specifica che "Fatti salvi gli accordi di programma per la bonifica sottoscritti prima della data di entrata in vigore della presente disposizione che rispettano le norme in materia di bonifica vigenti al tempo della sottoscrizione, ai fini dell'applicazione dell'Art. 185 comma 1 lettere b) c) del D. lgs. 152/06, le matrici materiali di riporto devono essere sottoposte a test di cessione effettuato sui materiali granulari ai sensi dell'art.9 del D. M. Amb. Del 5 Febbraio 1998omissis...ai fini delle metodiche da utilizzare per escludere rischi di contaminazione delle acque sotterranee e, ove conformi ai test di cessione, devono rispettare quanto previsto dalla legislazione vigente in materia di siti contaminati."

Recentemente il **Titolo IV del D.P.R. 120/2017 (Art.24)**, fermo restando quanto previsto dall'art. 3, comma 2 del D.L. 25/01/2012 n. 2 convertito con modificazioni dalla L. n. 28 del 24/03/2012, ha specificato che **la non contaminazione, per il riutilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina rifiuti, deve essere verificata ai sensi dell'All. 4 "Procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e accertamento delle qualità ambientali"** del Regolamento D.P.R. n. 120 del 13/06/2017 mediante prelievo di campioni ed analisi chimiche (Art. 24 comma 1).

Nel Novembre 2017 sono stati inoltre forniti da parte del Ministero per l'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM – registro uff. Protocollo 0015786.10-11-2017) alcuni "Chiarimenti Interpretativi – Disciplina delle matrici materiali di riporto" con specifico riferimento a:

- I. Definizione e qualificazione giuridica delle matrici materiali di riporto. Le novità introdotte dal D.P.R. 120/2017
- II. Quadro normativo di riferimento in materia di gestione
- III. Gestione delle terre e rocce da scavo contenenti matrici materiali di riporto.



Nel caso in cui la produzione di terre e rocce da scavo avvenga in siti sottoposti a VIA o AIA si applicano anche i commi 3-4-5 dell'Art. 2 e risulta necessario predisporre un **Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti** redatto ai sensi dell'art. 24 comma 3 D.P.R. n. 120/17). In questo caso l'art. 4 del D.P.R. 120/2017 stabilisce la **predisposizione in fase di progettazione o prima dell'inizio dei lavori delle analisi chimiche** (in conformità al Piano preliminare) **e di un progetto specifico delle attività da inviare ad ARPA ed all'autorità competente prima dell'avvio dei lavori.**

- **essere gestito con la qualifica di "rifiuto speciale"**, quindi trasportato all'esterno dal sito e conferito in discarica autorizzata (art. 184 D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.) nel rispetto di tutte le normative sui rifiuti vigenti:

3. Sono rifiuti speciali:

- a) i rifiuti da attività agricole e agro-industriali, ai sensi e per gli effetti dell'[art. 2135 c.c.](#);
(lettera così modificata dall'articolo 11 del d.lgs. n. 205 del 2010)
- b) i rifiuti derivanti dalle attività di demolizione, costruzione, nonché i rifiuti che derivano dalle attività di scavo, fermo restando quanto disposto dall'articolo 184-bis;**
(lettera così sostituita dall'articolo 11 del d.lgs. n. 205 del 2010)
- c) i rifiuti da lavorazioni industriali;
(lettera così modificata dall'articolo 2, comma 21-bis, d.lgs. n. 4 del 2008)
- d) i rifiuti da lavorazioni artigianali;
- e) i rifiuti da attività commerciali;
- f) i rifiuti da attività di servizio;
- g) i rifiuti derivanti dalla attività di recupero e smaltimento di rifiuti, i fanghi prodotti dalla potabilizzazione e da altri trattamenti delle acque e dalla depurazione delle acque reflue e da abbattimento di fumi;
- h) i rifiuti derivanti da attività sanitarie;

Sulla base del recente D.P.R. 120/2017 (Art. 23) è stata disciplinata la possibilità di disporre il deposito temporaneo, in attesa del conferimento:

<p style="text-align: center;">Art. 23.</p> <p style="text-align: center;"><i>Disciplina del deposito temporaneo delle terre e rocce da scavo qualificate rifiuti</i></p> <p>1. Per le terre e rocce da scavo qualificate con i codici dell'elenco europeo dei rifiuti 17.05.04 o 17.05.03* il deposito temporaneo di cui all'articolo 183, comma 1, lettera bb), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, si effettua, attraverso il raggruppamento e il deposito preliminare alla raccolta realizzati presso il sito di produzione, nel rispetto delle seguenti condizioni:</p> <p>a) le terre e rocce da scavo qualificate come rifiuti contenenti inquinanti organici persistenti di cui al regolamento (CE) 850/2004 sono depositate nel rispetto delle norme tecniche che regolano lo stoccaggio dei rifiuti contenenti sostanze pericolose e sono gestite conformemente al predetto regolamento;</p>	<p>b) le terre e rocce da scavo sono raccolte e avviate a operazioni di recupero o di smaltimento secondo una delle seguenti modalità alternative: 1) con cadenza almeno trimestrale, indipendentemente dalle quantità in deposito; 2) quando il quantitativo in deposito raggiunga complessivamente i 4000 metri cubi, di cui non oltre 800 metri cubi di rifiuti classificati come pericolosi. In ogni caso il deposito temporaneo non può avere durata superiore ad un anno;</p> <p>c) il deposito è effettuato nel rispetto delle relative norme tecniche;</p> <p>d) nel caso di rifiuti pericolosi, il deposito è realizzato nel rispetto delle norme che disciplinano il deposito delle sostanze pericolose in essi contenute e in maniera tale da evitare la contaminazione delle matrici ambientali, garantendo in particolare un idoneo isolamento dal suolo, nonché la protezione dall'azione del vento e dalle acque meteoriche, anche con il convogliamento delle acque stesse.</p>
---	---

- **essere qualificato e destinato ad utilizzo come sottoprodotto (terre e rocce da scavo)** ai sensi dell'art. 184 bis comma 1 del *D.Lgs 152/06* e art. 4 del D.P.R. n. 120 del 13/06/2017:

184-bis. Sottoprodotto

(articolo introdotto dall'articolo 12 del d.lgs. n. 205 del 2010)

1. È un sottoprodotto e non un rifiuto ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera a), qualsiasi sostanza od oggetto che soddisfa tutte le seguenti condizioni:

- a) la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;
- b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;
- c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
- d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.

Riguardo le modalità con cui verificare la conformità all'art. 184 bis del D.Lgs 152/06 e s.m.i. ed attuare in fase progettuale ed esecutiva l'utilizzo delle terre e rocce da scavo, **sono negli ultimi anni occorse numerose modifiche legislative soprattutto tra il 2012 ed il 2013.**

Tuttavia **il quadro normativo/applicativo appariva alla luce di questi "interventi normativi" piuttosto confuso e contraddittorio** con varie associazioni di categoria che avevano avviato richieste di chiarimenti agli Organi Competenti, soprattutto in riferimento alle normative da applicare a siti con volumi di scavo > 6.000 mc e non soggetti a VIA e AIA.

Con la ***L. 98 del 09/08/2013 (Legge del Fare – Conversione con modificazioni, del D. L. 69 del 21/06/2013 – Disposizioni urgenti per il rilancio dell'Economia)*** si era modificato il quadro normativo pervenendo ad un assetto piuttosto definito seppure rimandando a molteplici normative e risultando carente rispetto a numerose casistiche di applicazione.

Ad Agosto 2017 è entrato infine in vigore il ***D.P.R. 120/2017 del 13/06/2017 (Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione terre e rocce da scavo, ai sensi dell'Art.8 del D.L. 12 settembre 2014, n.133, convertito con modificazioni dalla Legge 11 Novembre 2014, n. 164)*** che ha introdotto una disciplina completa che sostituisce ed integra la precedente.



In particolare l'Art. 4 stabilisce i Criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti:

Art. 4.

Criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti

1. In attuazione dell'articolo 184-bis, comma 1, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, il presente Capo stabilisce i requisiti generali da soddisfare affinché le terre e rocce da scavo generate in cantieri di piccole dimensioni, in cantieri di grandi dimensioni e in cantieri di grandi dimensioni non sottoposti a VIA e AIA, siano qualificati come sottoprodotti e non come rifiuti, nonché le disposizioni comuni ad esse applicabili. Il presente Capo definisce, altresì, le procedure per garantire che la gestione e l'utilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti avvenga senza pericolo per la salute dell'uomo e senza recare pregiudizio all'ambiente.

2. Ai fini del comma 1 e ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera *qq*), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, le terre e rocce da scavo per essere qualificate sottoprodotti devono soddisfare i seguenti requisiti:

a) sono generate durante la realizzazione di un'opera, di cui costituiscono parte integrante e il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;

b) il loro utilizzo è conforme alle disposizioni del piano di utilizzo di cui all'articolo 9 o della dichiarazione di cui all'articolo 21, e si realizza:

1) nel corso dell'esecuzione della stessa opera nella quale è stato generato o di un'opera diversa, per la realizzazione di reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali;

2) in processi produttivi, in sostituzione di materiali di cava;

c) sono idonee ad essere utilizzate direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;

d) soddisfano i requisiti di qualità ambientale espressamente previsti dal Capo II o dal Capo III o dal Capo IV del presente regolamento, per le modalità di utilizzo specifico di cui alla lettera *b*).

3. Nei casi in cui le terre e rocce da scavo contengano materiali di riporto, la componente di materiali di origine antropica frammisti ai materiali di origine naturale non può superare la quantità massima del 20% in peso, da quantificarsi secondo la metodologia di cui all'allegato 10. Oltre al rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui al comma 2, lettera *d*), le matrici materiali di riporto sono sottoposte al test di cessione, effettuato secondo le metodiche di cui al decreto del Ministro dell'ambiente del 5 febbraio 1998, recante «Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero», pubblicato nel supplemento ordinario alla *Gazzetta Ufficiale* n. 88 del 16 aprile 1998, per i parametri pertinenti, ad esclusione del parametro amianto, al fine di accertare il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione delle acque sotterranee, di cui alla Tabella 2, Allegato 5, al Titolo 5, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, o, comunque, dei valori di fondo naturale stabiliti per il sito e approvati dagli enti di controllo.

Nel Novembre 2017 sono stati inoltre forniti da parte del Ministero per l'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM – registro uff. Protocollo 0015786.10-11-2017) alcuni **“Chiarimenti Interpretativi – Disciplina delle matrici materiali di riporto”** con specifico riferimento a:

- I. Definizione e qualificazione giuridica delle matrici materiali di riporto. Le novità introdotte dal D.P.R. 120/2017
- II. Quadro normativo di riferimento in materia di gestione
- III. Gestione delle terre e rocce da scavo contenenti matrici materiali di riporto.



Con il D.P.R. 120/17 (*Regolamento recante disciplina semplificata della gestione terre e rocce da scavo ai sensi dell'art. 8 del D.L. n. 133 12/09/2014 con modificazioni dalla L. 11/11/2014 n. 164*), vigente dal 22/08/2017, si perviene ad un quadro normativo che può essere così sintetizzato:

REGIME DI APPLICAZIONE DELL'ART. 184 BIS – D. Lgs. 152/05 e s.m.i.

Riferimenti Normativi

<p>Siti di grandi dimensioni soggetti a VIA e AIA <i>Come definiti nell'articolo 2, comma 1, lettera u del D.P.R. 120/17</i></p>	<p>Siti di piccole dimensioni <i>come definiti nell'articolo 2, comma 1, lettera t del D.P.R. 120/17</i></p> <p>Siti di grandi dimensioni non soggetti a VIA o AIA <i>Come definiti nell'articolo 2, comma 1, lettera v del D.P.R. 120/17</i></p>
<p>Ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. 120/17 per verificare il regime di applicazione dell'articolo 184 bis per Siti di grandi dimensioni soggetti a VIA e AIA devono essere rispettati i requisiti di cui all'Art. 4 del D.P.R. 120/17 e si applica il Capo II dello stesso D.P.R. che comprende gli artt. da 9 a 18 solo se, <i>sulla base della caratterizzazione ambientale effettuata in conformità agli allegati 1 e 2 del D.P.R. 120/17 siano soddisfatti i requisiti di qualità ambientale previsti dall'Allegato 4 dello stesso D.P.R. 120/2017 per le modalità di utilizzo specifico.</i></p> <p>Per questi siti si applicano le procedure dell'Allegato 1 e 2 del DPR 120/2017 ed è necessario redigere un Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo (art. 9 del D.P.R. n. 120 del 13/06/2017 e All. 5) al fine di comprovare la sussistenza dei requisiti da soddisfare affinché i materiali da scavo siano considerati sottoprodotti e non rifiuti (ai sensi dell'Art. 183 c.1 lett. qq del D. Lgs. 152/06 e s.m.i.).</p> <p>Il Piano di Utilizzo deve essere presentato dal proponente all'Autorità Competente ed all'Agenzia di protezione ambientale almeno 90 gg prima dell'inizio dei lavori e, nel caso di opera soggetta a VIA o AIA, prima della conclusione del procedimento.</p> <p>Per la redazione del Piano di Utilizzo è indispensabile l'esecuzione di una caratterizzazione ambientale del sito predisposta con prelievo di campioni di terreno fino alle profondità di scavo e secondo un numero minimo di punti d'indagine pari a 3 (siti con superficie di scavo <2500 mq) ed in ogni caso in stretta conformità con quanto prescritto dagli allegati dello stesso D.P.R. 120/2017.</p>	<p>Ai sensi dell'art. 20 e dell'art. 22 del D.P.R. 120/17 per verificare il regime di applicazione dell'articolo 184 bis per siti di piccole dimensioni < 6000 mc e siti di grandi dimensioni (> 6000 mc) non soggetti a VIA o AIA devono essere rispettati i requisiti di cui all'Art. 4 del D.P.R. 120/17 e si applicano il Capo III (artt. 20 e 21) e Capo IV (art. 22) se il produttore dimostra, qualora siano destinate a recuperi, ripristini, rimodellamenti, riempimenti ambientali o altri utilizzi sul suolo, che <i>non siano superati i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d'uso urbanistica del sito di destinazione, e che le terre e rocce da scavo non costituiscono fonte diretta o indiretta di contaminazione per le acque sotterranee, fatti salvi i valori di fondo naturale.</i></p> <p>Per la gestione delle terre e rocce da scavo il produttore attesta il rispetto dei requisiti richiesti mediante la predisposizione e la trasmissione della dichiarazione di cui all'Art. 21 - Dichiarazione di utilizzo per i cantieri di piccole dimensioni secondo le procedure e le modalità indicate negli articoli 20 e 21. (All. 6 alla D.P.R. 120/2017) da trasmettere almeno 15 gg prima dell'inizio lavori di scavo al comune del sito di produzione ed all'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente (ARPA).</p>

Per tutti i tipi di sito si applicano gli Artt. 4, 5, 6 e 7 del D.P.R. 120/2017 e pertanto in particolare:

- devono essere verificati i requisiti di qualità ambientale dei materiali di scavo mediante una **procedura di caratterizzazione chimico fisica e accertamento delle qualità ambientali** in applicazione dell'**Allegato 4 al D.P.R. 120/2017** con prelievo di campioni di terreno e successiva analisi chimica.
- Deve essere utilizzato il **Modulo di trasporto** di cui all'**Allegato 7 al D.P.R. 120/2017**
- Deve essere prodotta la **Dichiarazione di Avvenuto Utilizzo (DAU – Allegato 8 al D.P.R. 120/2017)** entro il termini di validità del Piano di Utilizzo (siti di grandi dimensioni soggetti a VIA o AIA) o della dichiarazione di cui all'art. 21 (siti di piccole dimensioni o di grandi dimensioni non soggette a VIA o AIA)

Vengono inoltre definitivamente abrogati dal D.P.R. 120/2017 il D.M. n. 161 del 10/08/2012, l'art. 184-bis comma 2-bis, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e gli articoli 41, comma 2, e 41-bis del decreto legge 21 giugno 2013, n. 69, convertito, con modificazioni, dalla legge 9 agosto 2013, n. 98.

Nel caso di **attività da scavo da realizzare in siti oggetto di bonifica** (già caratterizzati ai sensi dell'articolo 242 del D.lgs 152/2006) si applica il Titolo V (Artt. 25 e 26) e risulterà necessario un **piano di dettaglio** comprensivo della lista degli analiti da ricercare concordato con ARPA; quest'ultima rilascia parere ed eventuali prescrizioni entro 30 gg dalla presentazione della richiesta. Il proponente 30 gg prima dell'avvio dei lavori trasmette e predispone di un **piano operativo degli interventi** e dettagliato cronoprogramma con indicazione della data di inizio lavori (art. 25 D.P.R. 120/17). Sarà necessario in ogni caso garantire la conformità dei materiali da scavo alle CSC per la specifica destinazione d'uso o ai valori di fondo naturale (art. 26 D.P.R. 120/17).

Si ritiene pertanto opportuno per l'intervento di progetto, laddove sia verificata la mancanza di procedure VIA o AIA, **scegliere la procedura di utilizzo (in situ o fuori situ ovvero quale rifiuto speciale) e definire la normativa più idonea da adottare.**

Alla luce del quadro normativo esposto, sia in caso di utilizzo entro sito che riutilizzo fuori sito viene richiesta la **predisposizione di analisi chimiche dei terreni e dei materiali di riporto; in funzione alle procedure prettamente tecniche e qualificate richieste dal D.P.R. 120/2017 si consiglia vivamente di predisporre un Piano di Caratterizzazione Ambientale sotto la direzione del Geologo e/o di idonea figura professionale** che potrà essere utilizzato, comunque, sia ai sensi del Capo III e IV del D.P.R 120/2017 per l'applicazione del regime di art. 184 bis del D. Lgs. 152/06 e s.m.i. (ri-utilizzo fuori sito) sia ai sensi del Titolo IV del D.P.R.120/2017 per la verifica dei "suoli non contaminati" per l'applicazione del regime dell'art. 185 del D. Lgs. 152/06 e s.m.i. (ri-utilizzo in sito).



10 SUPPLEMENTO DI INDAGINE RICHIESTO

Per meglio definire l'**andamento verticale e lo spessore dei materiali di riporto** e di conseguenza la profondità del substrato naturale entro l'ingombro del fabbricato di progetto potrà essere eseguito un **supplemento d'indagine** mediante prove penetrometriche dinamiche e/o sondaggi a carotaggio continuo e/o mediante pali pilota per un numero significativo di plinti o per tratti di fondazione continua di assegnata estensione, in modo da meglio definire le lunghezze dei pali.

Il settore "Fossa di escavazione", anche sulla base della presa visione di alcune Ortofoto riferite agli anni '70 e dei ricordi storici, è stato esteso fino all'estremità Sud dell'area di proprietà; si ritiene in ogni caso che **tale ipotesi vada opportuna verificata mediante specifiche indagini (sondaggi a carotaggio continuo e/o prove penetrometriche** nel caso di opere o manufatti ubicati previsti in quest'area ad oggi non oggetto di indagini (vasca di laminazione, sistemi di dispersione delle acque per sub-irrigazione, opere murarie, tettoie, pali, ecc.).



11 COMPATIBILITA' DELL'INTERVENTO DI PROGETTO CON LE RISULTANZE DELLO STUDIO GEOLOGICO E CON LE NORMATIVE GEOLOGICHE DI FATTIBILITA', DI VINCOLO E DI PERICOLOSITA' SISMICA - CONCLUSIONI

Dall'analisi della più recente cartografia riferibile alla *Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica* del Piano di Governo del Territorio di Lonato d/G è stato verificato che il sito di progetto ricade tra le Classi di Fattibilità Geologica 2a2d presso l'area NW e 2a3c per la restante proprietà (*Carta della Fattibilità Geologica per le azioni di piano - Tav. 14/B dello Studio Geologico per il Piano di Governo del Territorio - Dott. Geol. R. Lentini, Luglio 2009*) rispettivamente con modeste limitazioni d'uso (2a2d) definite come “*Area ad alta vulnerabilità delle acque sotterranee (prima falda non sfruttata ad usi idropotabile)*”; *Area con versanti da debolmente a mediamente inclinati (inclinazione compresa tra 5° e 20°)*” e con modeste e consistenti limitazioni d'uso (2a3c) definite come “*Area ad alta vulnerabilità delle acque sotterranee (prima falda non sfruttata ad usi idropotabile)*”; *Area con terreni aventi caratteristiche scadenti*”.

Non si segnala la presenza, presso l'area d'interesse, di normative di vincolo geologico correlate agli elementi idrografici appartenenti al Reticolo Idrico Minore o ad altre problematiche geologiche-idrogeologiche-geomorfologiche (*Carta dei Vincoli esistenti*” – Dott. Geol. R. Lentini – Maggio 2010).

Nell'ambito del PGRA è stato verificato che le aree di interesse non risultano incluse entro Aree PGRA a pericolosità e rischio alluvione.

Sono state prese in esame le condizioni geologiche-geomorfologiche ed idrogeologiche-idrografiche dell'area di intervento e di quelle ad essa limitrofe (vedi Cap.2) con particolare approfondimento riguardo l'inquadramento idrogeologico locale (§2.6) quale approfondimento richiesto dalla classe di fattibilità 2a; è stato previsto anche un inquadramento sismotettonico e della sismicità dell'area gardesana (vedi Cap.3).

Mediante i rilievi geologici, i dati raccolti e le campagne di indagine 2008 e 2019 (Cap. 4) è stato possibile eseguire gli approfondimenti relativi alle caratteristiche geotecniche dei terreni, compatibili con la tipologia di intervento e con la *classe di fattibilità 3c* individuata nel PGT, e formulare un modello geologico-geotecnico-geofisico-idrogeologico (vedi Cap. 5) con riferimento a due ambiti con caratteristiche geologico-geotecniche peculiari.

Sono stati inoltre stimati valori di permeabilità media per i depositi fluvioglaciali (§4.2) presenti nel settore NW, unico settore idoneo alla realizzazione di sistemi disperdenti delle acque per sub-irrigazione drenata (pozzi, vasche di laminazione, ecc.).



Dal punto di vista della Pericolosità Sismica Locale l'area è stata classificata nello studio della *Componente Geologica Idrogeologica e Sismica del PGT (Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio "Carta di pericolosità sismica locale" Tav. 8 – Maggio 2010 - Dott. Geol. Rosanna Lentini)*, entro lo scenario di pericolosità sismica Z4a "Zona di fondovalle o di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi" per il quale vengono segnalati valori di Fa di sito inferiori a quelli di "soglia" normativa (vedi *Carta di fattibilità Geologica*) e quindi potenziali fenomeni di amplificazione sismica tali da rendere sufficiente l'utilizzo dei parametri sismici definiti in base alla normativa vigente (D.M. 17/01/2018); non sono pertanto richiesti approfondimenti sismici per amplificazione litologica ai sensi della normativa regionale vigente.

Il più recente *Studio di Microzonazione Sismica del territorio comunale di Lonato del Garda (Dott. Geol. R. Lentini - Agosto 2015)* già eseguito ai sensi della D.G.R. 9/2616/2011, sulla base delle indagini geofisiche esperite presso un'area ricadente entro lo stesso ambito del sito in esame, nello studio *MOPS - Dott. Geol. R. Lentini - Agosto 2015*, definito un valore di Fa di sito pari a 1,8 e pertanto con possibili valori di Fa di sito superiori a quelli di soglia comunale in caso di definizione di Categorie di sottosuolo B. E' stato pertanto ritenuto opportuno eseguire, in maniera sito-specifica un approfondimento mediante analisi di 2° livello ai sensi dell'All. 5 della D.G.R. 9/2616 del 2011.

L'analisi di 2° livello sito specifica eseguita ai sensi dell'All.5 della D.G.R. 9/2616/2011 (§6.1.1.2) ha permesso di verificare che, per quanto concerne l'amplificazione litologica (Z4) i parametri sismici della normativa più recente (D.M.14/01/08, D.M.17/01/18, OPCM 3519 del 27/04/2006) sono sufficienti a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica assumendo in progetto:

- ✓ la Categoria di Sottosuolo C per edifici con periodo T compreso tra 0,1 s e 1,5 s
- ✓ la Categoria B per edifici con periodo T compreso tra 0,5 s e 1,5 sec.

Sono quindi stati indicati (§6.2) gli Spettri di Risposta Elastici ed i Parametri di Pericolosità Sismica definiti dalle più recenti normative per il sito di progetto (risultati del progetto S1 – INGV). Per una più mirata definizione della Risposta Sismica Locale per il sito, tenuto conto della tipologia degli edifici di progetto (paragrafo 2.4.2 NTC-18) e della conseguente strategia di progettazione ordinaria, sono stati definiti i periodi di ritorno T_R , ed i relativi Spettri di Risposta Elastici e quindi parametri a_g , F_0 e T_c^* , associati a ciascun Stato Limite. Sono stati infine valutati i valori di amplificazione litologica (S_s) e morfologica di sito (S_t) per alcuni Stati Limite (§6.3).

Tali dati potranno essere utilizzati dal Tecnico Progettista delle Strutture per la determinazione dell'Azione Sismica di Progetto e quindi dello Spettro di Progetto Elastico (SLE) o Inelastico (SLU).

Presso la maggior parte dell'area è stata segnalata la presenza di uno scenario di pericolosità sismica Z2 "Zona con terreni scadenti" per il quale è richiesto un Approfondimento sismico di 3° livello per cedimenti e/o liquefazione (vedi *Carta di Fattibilità*), secondo le procedure indicate nel § 2.3.2 dell'All.5 della D.G.R. 9/2616/2011.

Per quanto concerne le problematiche correlate ai *cedimenti* essi sono state esaminate al Cap. 8 e potranno essere convenientemente limitati con il rispetto delle prescrizioni di cui ai Capp.7 e 8.

Per quanto concerne la *stabilità alla liquefazione* si è ritenuto il sito d'interesse soggetto ad esclusione alla verifica alla liquefazione ai sensi del D.M. 17/01/18 (§6.4.2) in funzione della litologia prevalente stimata e delle caratteristiche geotecniche dei terreni entro cui circolano le eventuali falde idriche.

Sulla base del modello geologico-geotecnico definito sono pertanto state identificate le unità geotecniche a caratteristiche geotecniche idonee alla posa delle strutture di fondazione nei due differenti ambiti geologici/progettuali e le modalità progettuali da adottare (vedi Cap. 7, §8.1 e §8.2) per le nuove strutture di fondazione e più in generale per la corretta realizzazione delle opere; sono stati inoltre indicati alcuni accorgimenti da adottare per la mitigazione della vulnerabilità delle falde acquifere superficiali (§7.1).

E' stato prescritto per il settore centrale ed orientale del capannone (Settore "Fossa di Escavazione") e consigliato anche per il settore NW l'utilizzo di fondazioni su pali/micropali che andranno eventualmente adeguatamente dimensionati e poggiati in corrispondenza del substrato roccioso (Cap. 7 e §8.2).

Tuttavia si è proceduto a verificare anche la possibilità di eseguire fondazioni dirette esclusivamente entro il settore NW; è pertanto stata identificata l'unità geotecnica presente al piano di posa delle strutture di fondazione e le modalità progettuali da adottare (vedi Cap. 7 e §8.1); sono state quindi analizzate le dimensioni di fondazione superficiale che potranno essere utilizzate dal Progettista (§8.2.2) allo scopo di ottenere dei valori dei carichi limite nei casi M1 e M2 e delle resistenze R_d , nonché di ipotizzare l'entità dei cedimenti riferiti ai carichi di esercizio ($P_{prog-eserc}$), che potranno essere utilizzati nello studio progettuale.

Per le dimensioni delle fondazioni e per le profondità di posa nei calcoli si è tenuto conto di ipotesi progettuali che dovranno essere verificate in relazione alle scelte adottate dai Progettisti delle strutture; sarà necessaria un eventuale ri-elaborazione rispetto alle geometrie fondazionali definitive, anche al fine del rilascio del Modulo 10 allegato alla D.G.R.10/5001/2016.

Non sono stati sviluppati calcoli entro l'area da adibire a parcheggio in assenza di indicazioni circa la presenza di manufatti.

Sono state date indicazioni sulle modalità di esecuzione in condizioni di sicurezza degli scavi previsti esclusivamente per la posa delle fondazioni (§9.1); sono state date indicazioni riguardo la realizzazione della massciata di posa della pavimentazione (§9.2) e le linee guida generali per il riutilizzo di eventuali materiali escavati in adempimento alle normative vigenti (§9.3).

Dato il contesto con presenza di terreni di riporto, in fase esecutiva dovrà essere eseguita la sistematica verifica della natura litologica dei terreni di fondazione, anche nell'ambito caratterizzato dalla presenza di terreni naturali.

Sulla base di quanto sopradescritto l'intervento di progetto, se eseguito secondo le prescrizioni del presente studio e fatto salvo quanto indicato e richiesto al §7.1 risulta compatibile con la Classe di Fattibilità Geologica individuata e con le Normative di Vincolo Geologico e di Pericolosità Sismica vigenti e con le limitazioni derivanti dal PGRA.

Essendo l'indagine geognostica eseguita necessariamente per punti si richiede la verifica delle ipotesi fatte nella presente relazione con particolare riguardo alla spessore ed all'estensione areale dei terreni di riporto superficiali (vedi anche Cap. 10 – Supplemento di indagine richiesto).



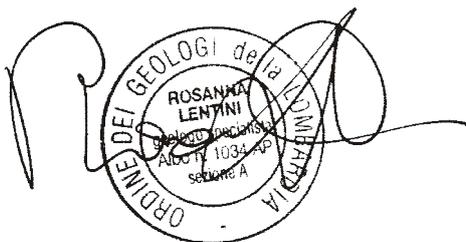
Si specifica che in adempimento alla normativa vigente (D.M. 17/01/18 e D.G.R 10/5001/2016) la presente relazione geologica può essere utilizzata solo per i siti indicati ed in riferimento agli interventi come definiti nelle tavole cartografiche e nei paragrafi illustrativi e relativamente alla documentazione progettuale come ad oggi disponibile. Si diffida qualsiasi differente utilizzo, che sarà perseguibile a norma di legge.

Padenghe sul Garda, 21 Giugno 2019

Phd. Geol. Rosanna Lentini

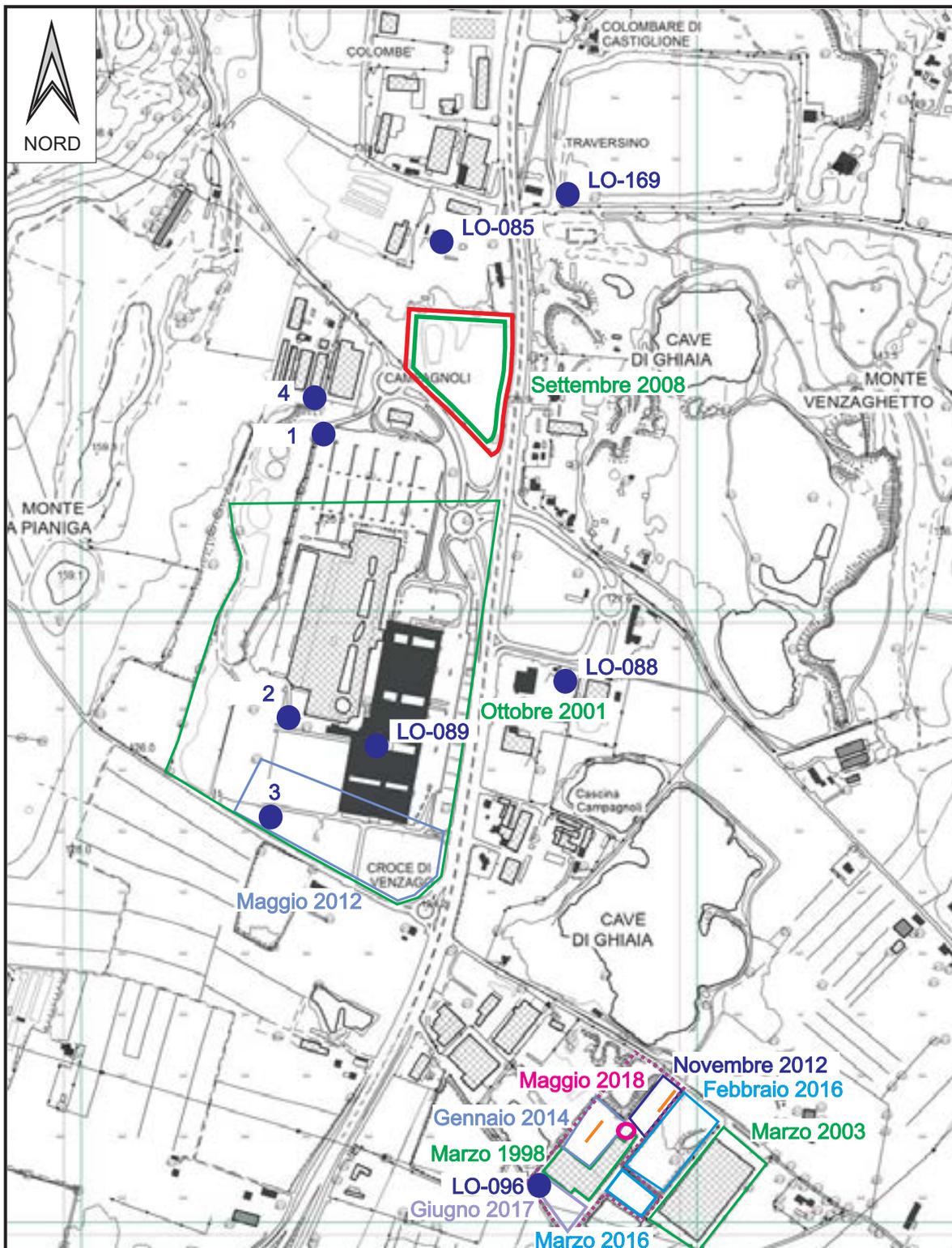
Dott. Geol. Mirko Braiato

Dott. Geol. Nicoletta Palazzi

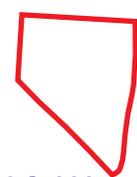


COROGRAFIA CON UBICAZIONE DI INDAGINI PRECEDENTI

Scala 1:10.000



Legenda

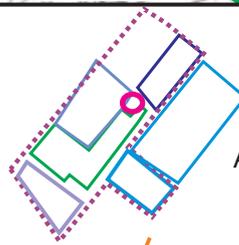


Area oggetto di attuale intervento

LO-088



Pozzo con stratigrafia



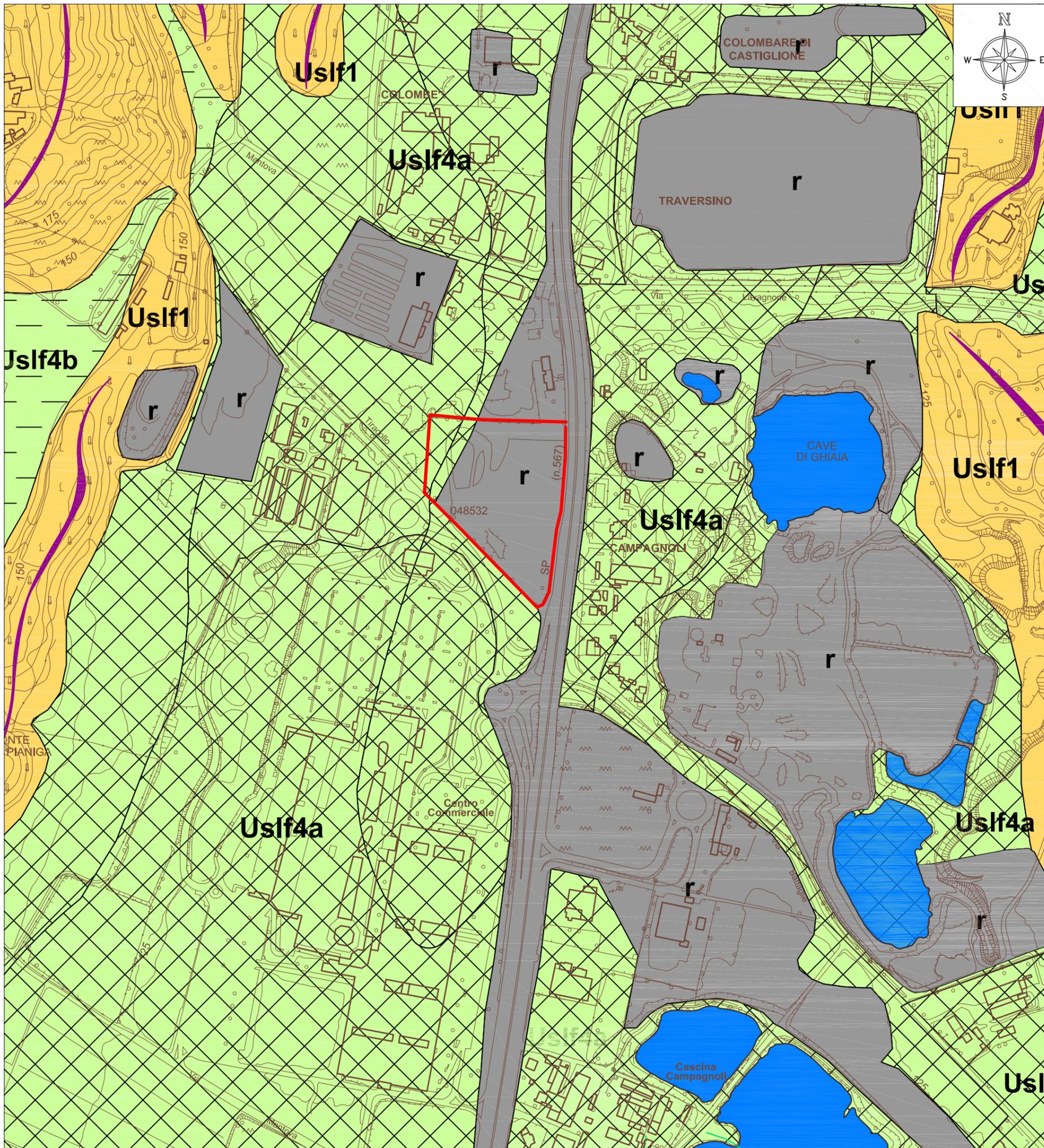
Aree oggetto di precedenti indagini



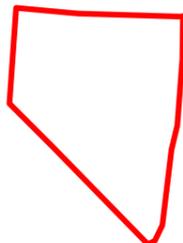
Stendimento di sismica multicanale

CARTA GEOLOGICA CON ELEMENTI GEOMORFOLOGICI E IDROGRAFICI

Scala 1:5.000



LEGENDA



Area di intervento

UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE

r Materiali di riporto

COPERTURE QUATERNARIE

UNITA' DI SOLFERINO (Pleistocene superiore)

Uslf1 Depositi glaciali

Uslf4 Depositi fluvio-glaciali delle cerchie interne

a) depositi grossolani, ghiaioso sabbiosi

b) Depositi fini prevalentemente sabbioso limosi, limoso sabbiosi, limoso argillosi

ELEMENTI GEOMORFOLOGICI



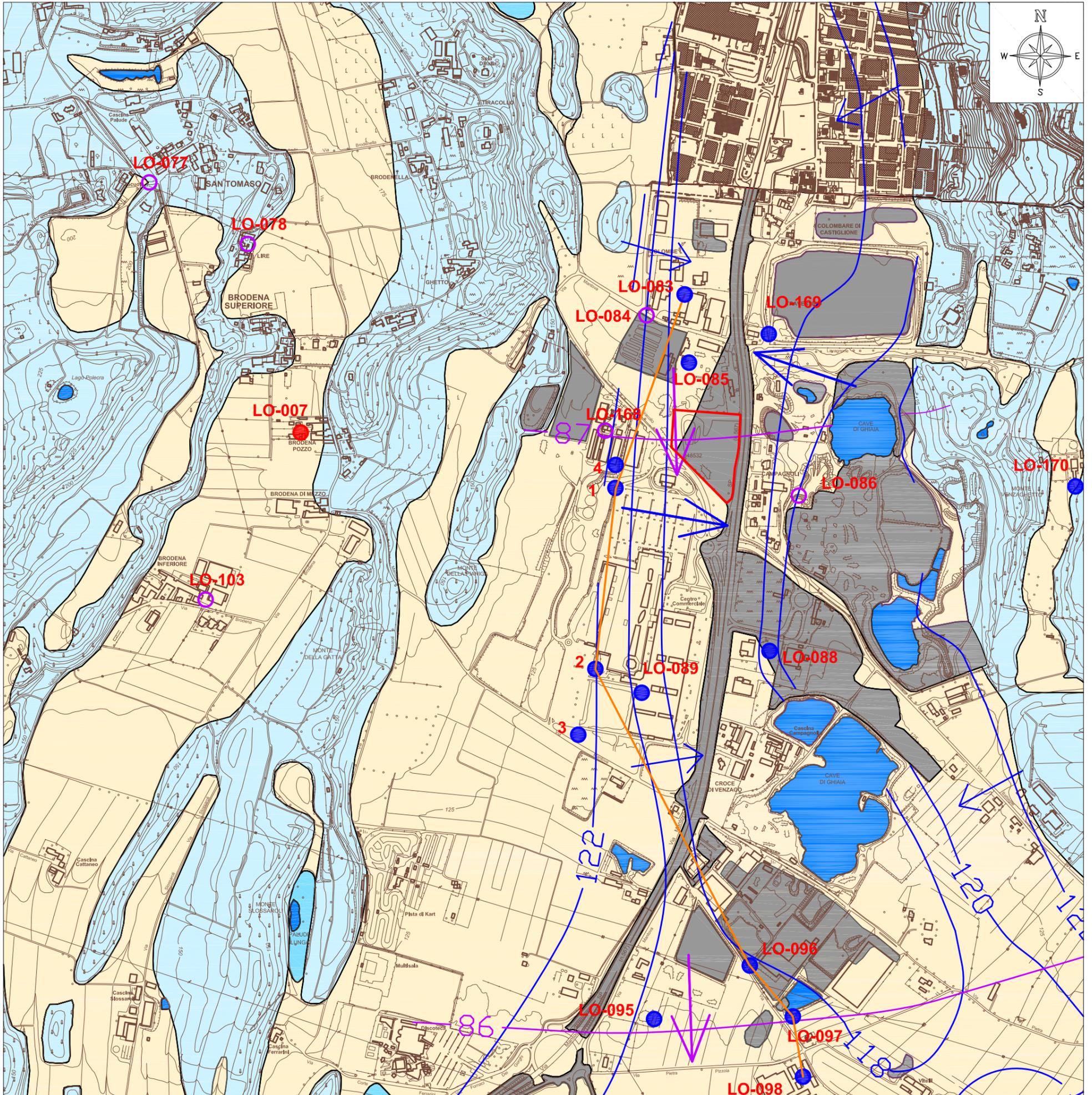
Orlo di scarpata morfologica



Lagheti di cava

CARTA IDROGEOLOGICA CON UBICAZIONE DEI POZZI E DELLA SEZIONE IDROGEOLOGICA

Scala 1:10.000



LEGENDA



Area in esame

UNITA' PERMEABILI PER POROSITA'



Materiali di riporto

Depositi grossolani (prevalentemente ghiaioso sabbiosi) a permeabilità da media a medio-elevata.

Depositi glaciali a permeabilità complessivamente da bassa a molto bassa.

Traccia di sezione idrogeologica

Confine comunale

○ LO-168 Pozzo privato senza stratigrafia

● LO-089 Pozzo privato con stratigrafia

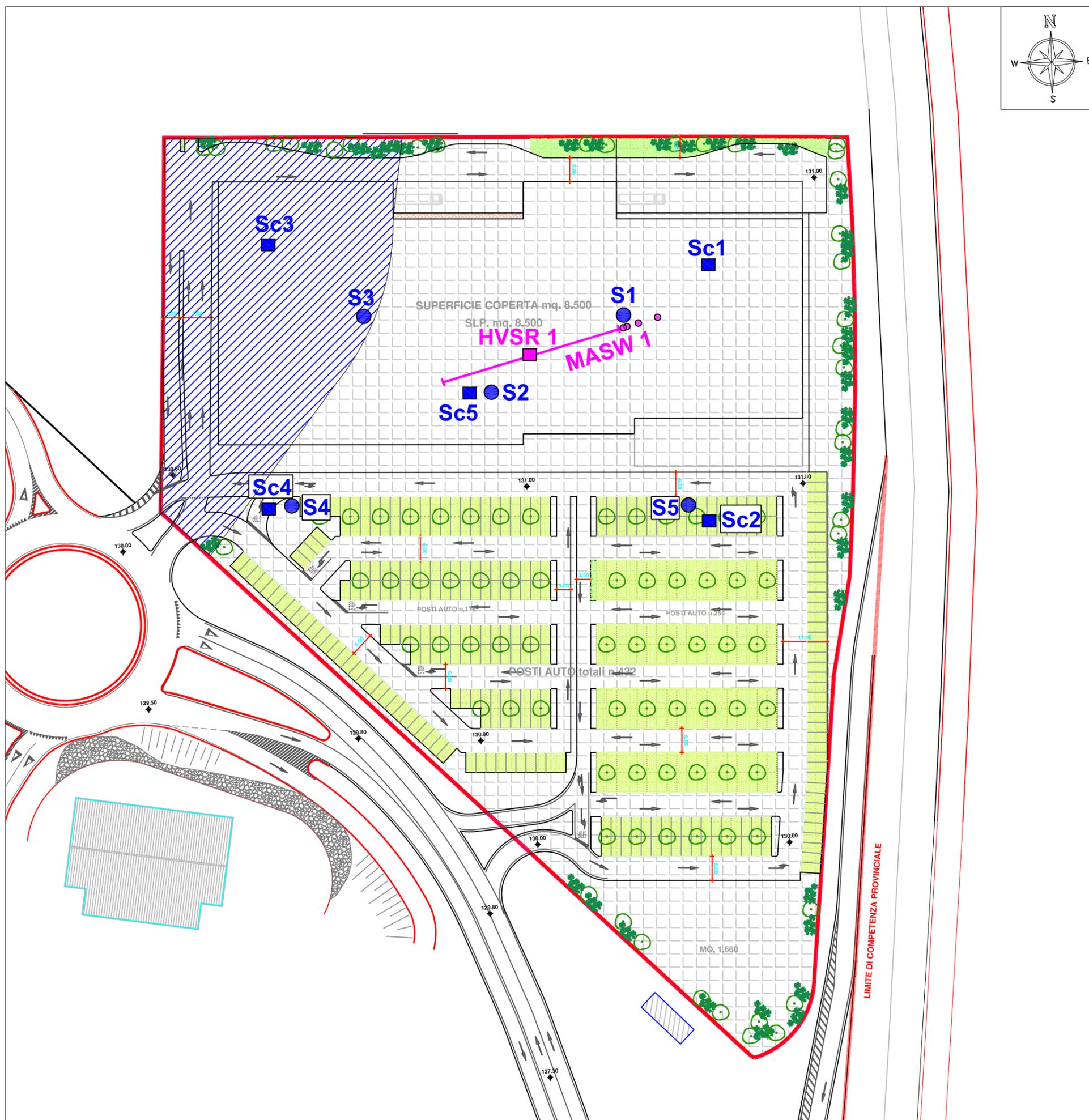
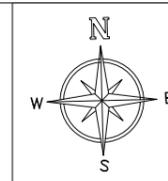
● LO-089 Pozzo comunale con stratigrafia

← Direzione di deflusso della falda superficiale

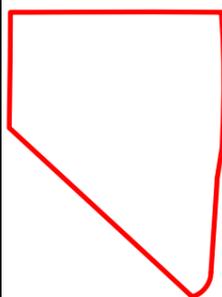
← Direzione di deflusso della falda media

122 Linee isofreatiche (quota della falda superficiale espressa in m s.l.m. - marzo 2001)

87 Linee isopiezometriche (quota della falda media espressa in m s.l.m. - marzo 2001)



Legenda



Area in esame

Indagini eseguite nel 2019

HVSR 1



Indagine geofisica puntuale di sismica passiva HVSR

MASW1



Indagine geofisica lineare di sismica attiva MASW

Indagini eseguite nel 2008

S1



Sondaggio a carotaggio continuo con esecuzione di prove SPT in foro

Sc 1



Scavo esplorativo



SETTORE NW- ambito non interessato da escavazione/colmamento



SETTORE "FOSSA DI ESCAVAZIONE"- ambito interessato da escavazione/colmamento



ESTRATTI DA:

“Studio geologico per la realizzazione di un nuovo capannone in Loc. Campagnoli”

Settembre 2008



Sede operativa: Via Verdi , 9 – 25080 Padenghe sul Garda (BS) - Tel/Fax 030 9914222 - cell. 3396012311
E-mail: info@lentinosannageologia.it - **Sito Web:** www.lentinosannageologia.it
E-mail dedicate: amministrazione@lentinosannageologia.it - ufficiotecnico@lentinosannageologia.it
Sede Legale: Via Dugali, 34 - 25080 Padenghe sul Garda (BS) - C.F. LNTRNN69C43C351F - P. I.V.A. 01940640988

LOCALITA': Campagnoli - Lonato (BS)

SONDAGGIO S 1

QUOTA INIZIO

DATA 06/08/2008

Operatore:
Geologo:

SONDA: BERETTA T51

PAG. 1/1

- Campione rimaneggiato prelevato per analisi granulometrica
- Campione per analisi chimiche prelevato ai sensi del D.Lgs 152/06

Prova di permeabilità

CARICO VARIABILE

CARICO COSTANTE

Piezometro cieco

Piezometro fessurato

LIVELLI ACQUA

PROFONDITA'		SERA		MATTINO	
Rivestimento	Foro	Data	H	Data	H

Manovre	Profondità (m)	Sezione Terreno	Campioni	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Carotiere	Rivestimento	Prove di permeabilità	Poket Penetrometer (kg/cmq)	Vane Test (kg/cmq) max/res	Profondità	SPT	Falda acquifera	Piezometro $\phi = 3''$
	0,70			<p>MATERIALI DI RIPORTO</p> <p>Ghiaia medio-grossolana e sabbia, con ciottoli, addensata, asciutta, a tratti umida, di colore beige-marrone.</p> <p>Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli, da addensata a moderatamente addensata, debolmente umida, di colore beige.</p>	AVANZAMENTO A CAROTAGGIO CONTINUO $\phi = 101$ mm					2,00	27 22 11		
	2,80		<p>Riporto eterogeneo costituito da ghiaia eterometrica e sabbia, debolmente limosa, a tratti limosa debolmente argillosa, a tratti con ciottoli e frammenti di laterizi, moderatamente addensata, debolmente umida, di colore marrone-beige.</p>	4,00						10 9 9			
	12,00		<p>TERRENO NATURALE</p> <p>Sabbia e limo, a tratti debolmente argillosa, da moderatamente addensata ad addensata, bagnata, di colore marrone.</p>	6,50						7 6 8			
	13,00									8,00	11 7 9		
										12,00	26 23 26	12,00	

	LOCALITA': Campagnoli - Lonato (BS)	SONDAGGIO	S 2
	QUOTA INIZIO	DATA	06/08/2008
Operatore:	SONDA: BERETTA T51		PAG. 1/1
Geologo:			

<input type="checkbox"/> Campione rimaneggiato prelevato per analisi granulometrica <input type="checkbox"/> Campione per analisi chimiche prelevato ai sensi del D.Lgs 152/06	Prova di permeabilità <input type="radio"/> CARICO VARIABILE <input checked="" type="radio"/> CARICO COSTANTE	<input checked="" type="checkbox"/> Piezometro cieco <input type="checkbox"/> Piezometro fessurato	LIVELLI ACQUA					
			PROFONDITA'		SERA		MATTINO	
			Rivestimento	Foro	Data	H	Data	H

Manovre	Profondità (m)	Sezione Terreno	Campioni	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Carotiere	Rivestimento	Prove di permeabilità	Poker Penetrometer (kg/cmq)	Vane Test (kg/cmq) max/res	Profondità	SPT	Falda acquifera	Piezometro $\phi = 3''$	
	1,00			<p style="text-align: center;">MATERIALI DI RIPORTO</p> <p>Ghiaia medio-grossolana e sabbia, con grossi ciottoli e rari frammenti di laterizi, addensata, asciutta, di colore marrone-beige.</p> <p>Riporto eterogeneo costituito da ghiaia eterometrica e sabbia, debolmente limosa, a tratti limosa, a tratti con ciottoli e frammenti di laterizi, da scarsamente a moderatamente addensata, debolmente umida, di colore grigio-beige.</p>	AVANZAMENTO A CAROTAGGIO CONTINUO $\phi=101$ mm $\phi=127$ mm					2,00	7 10 4			
	9,70					Limo sabbioso debolmente argilloso, da debolmente umido a umido, scarsamente addensato, di colore grigio-beige, con screziature marroni.								
	10,35					Ghiaia e sabbia con rari ciottoli, debolmente limosa, moderatamente addensata, da molto umida a umida, di colore grigio scuro-beige.								
	11,00					TERRENO NATURALE								
	12,00			Limo sabbioso debolmente argilloso, addensato, da umido a molto umido, di colore marrone chiaro.						12,00	20 19 16	12,00		

Località: Loc. Campagnoli - Lonato (BS)

SCALA

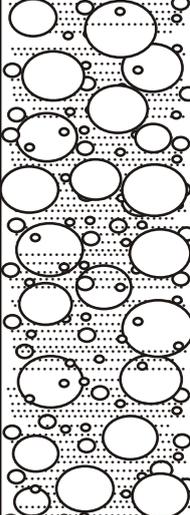
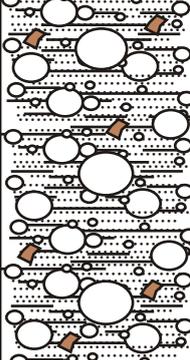
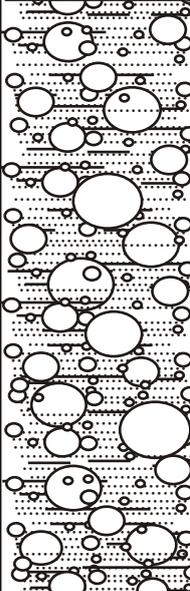
1:10

Scavo n.

3

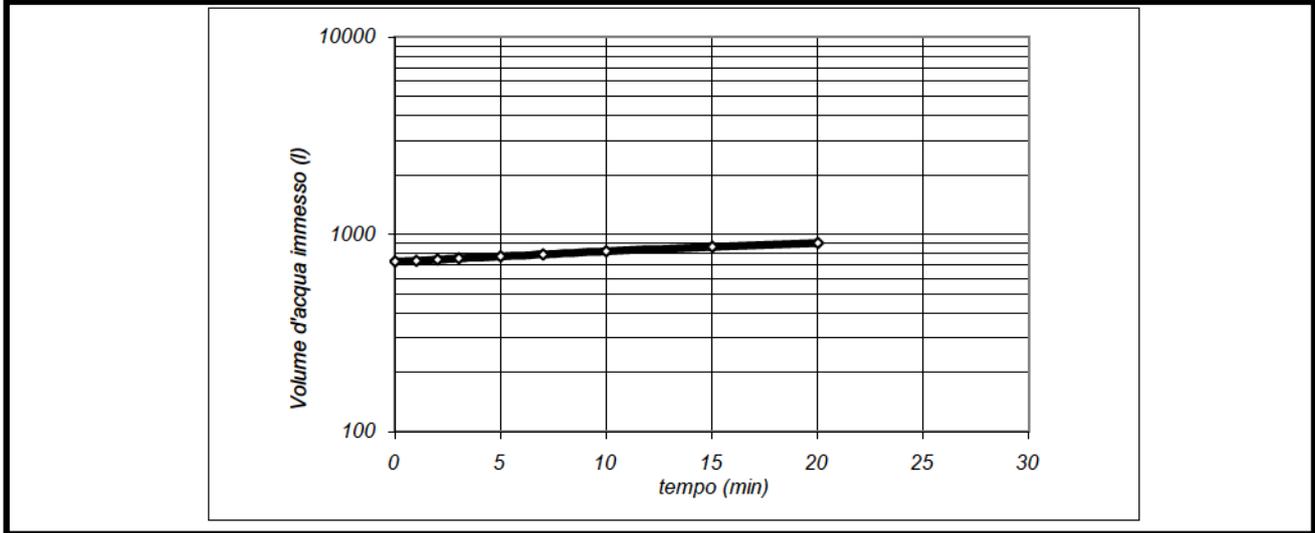
Data

21/07/2008

Quota di Riferimento	Profondità m	Sezione Terreno	DESCRIZIONE LITOLOGICA				Falda Acquifera
	-0,70		<p>MATERIALE DI RIPORTO</p> <p>Ghiaia medio-grossolana e sabbia con ciottoli, addensata, da asciutta, a debolmente umida, di colore beige-marrone.</p>				
			<p>Ghiaia eterometrica e sabbia con frammenti di laterizi, con limo e ciottoli, moderatamente addensata, da asciutta a debolmente umida, di colore da marrone a beige scuro.</p>				
	-1,20		<p>TERRENO NATURALE</p> <p>Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli, a tratti debolmente limosa, moderatamente addensata, debolmente umida, di colore marrone.</p>				
	-2,00						

Prova di permeabilità a carico costante

Sondaggio	S3	Cantiere: Campagnoli - Lonato (BS)
Prova	P1	Data: 06/08/2008



Dati prova

Profondità foro da p.c	p	4,5	(m)
Profondità falda da p.c.	f	12,5	(m)
Diametro foro	d	127	(mm)
lunghezza tratto filtrante	L	0,00	(m)
Sporgenza tubo di rivestimento da p.c.	s	0,15	(m)

Tempo (minuti)	Livello acqua (m) *	Permeabilità (m/s)	Portata (mc/s)
0			
1	4,65	4,492E-05	1,67E-04
2	4,65	4,492E-05	1,67E-04
3	4,65	4,043E-05	1,50E-04
5	4,65	4,267E-05	1,58E-04
7	4,65	3,818E-05	1,42E-04
10	4,65	4,043E-05	1,50E-04
15	4,65	3,953E-05	1,47E-04
20	4,65	4,043E-05	1,50E-04

*: misurata dal livello di falda o da fondo foro in assenza di falda

Permeabilità media (m/s) 4,14E-05

Formule

$$k = \frac{Q}{C_L \cdot h}$$

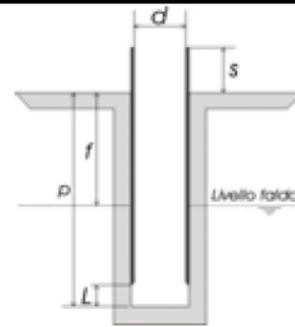
Q: portata immessa (mc/s)

C_L: coeff di forma

h: livello dell'acqua in foro (m)

$$C_L = 3 \frac{L}{\ln \left[1,5L/D + \sqrt{1 + (1,5L/D)^2} \right]}$$

Coefficiente di forma (Hvorslev 1951)



SONDAGGIO S1



CASSA 1
0.00 m – 5.00 m



CASSA 2
5.00 m – 10.00 m

SONDAGGIO S1



CASSA 3

10.00 m – 13.00 m

SONDAGGIO S2



CASSA 1
0.00 m – 5.00 m



CASSA 2
5.00 m – 10.00 m

SONDAGGIO S2



CASSA 3
10.00 m – 12.00 m

SONDAGGIO S3



CASSA 1
0.00 m – 5.00 m



CASSA 2
5.00 m – 10.00 m

SONDAGGIO S3



CASSA 3
10.00 m – 12.00 m

SONDAGGIO S4



CASSA 1
0.00 m – 5.00 m



CASSA 2
5.00 m – 10.00 m

SONDAGGIO S4



CASSA 3

10.00 m – 12.00 m

SONDAGGIO S5



CEMETO
LOC. CARREGGI
LONATE
S5 CASSA 1
0.00-5.00

CASSA 1
0.00 m – 5.00 m



CEMETO
LOC. CARREGGI
LONATE
S5 CASSA 2
5.00-10.00

CASSA 2
5.00 m – 10.00 m

SONDAGGIO S5



CASSA 3
10.00 m – 13.00 m



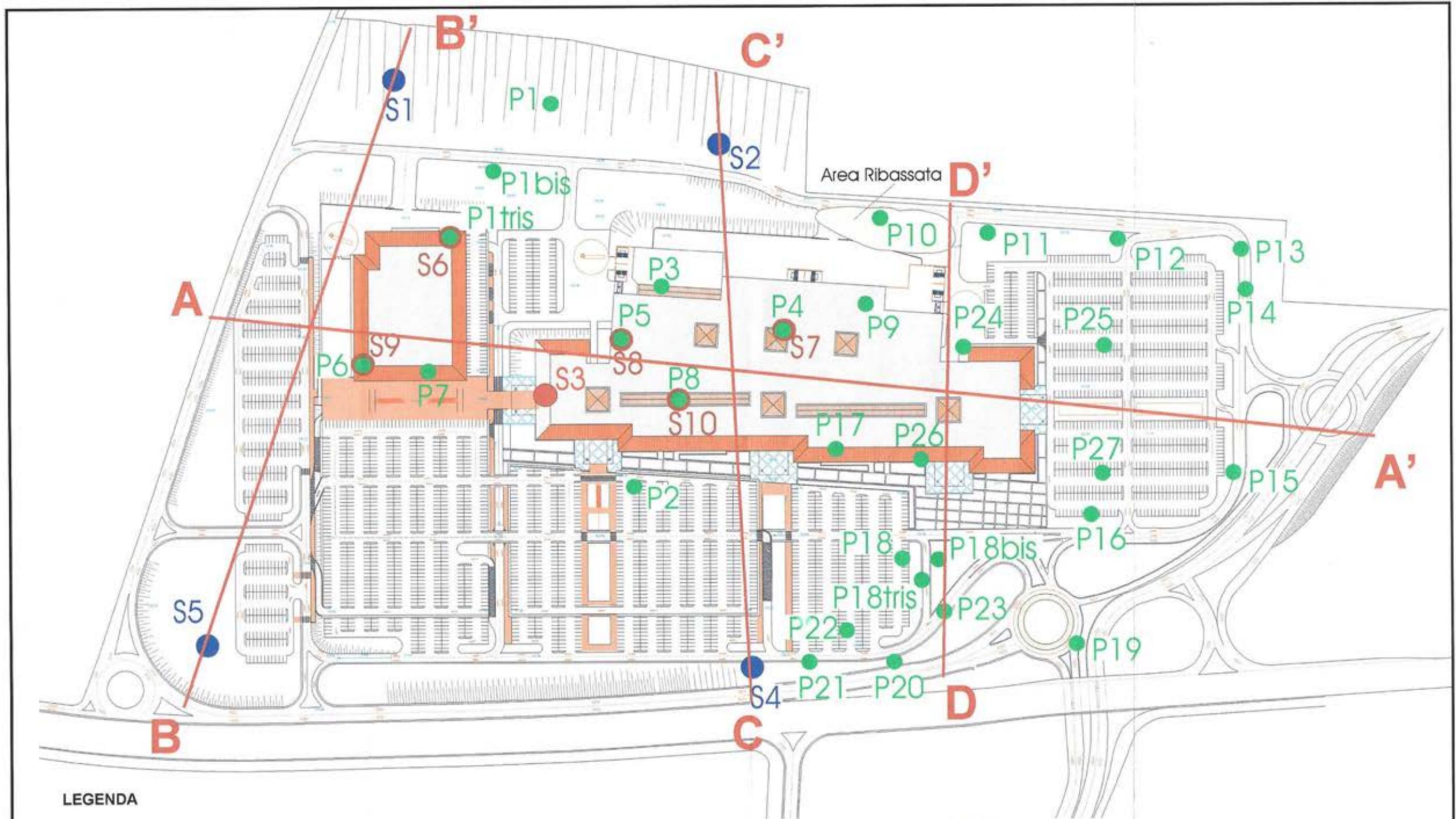
ESTRATTI DA:

“C.c. Il Leone”

2001



PLANIMETRIA CON UBICAZIONE
DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE
Scala 1:2.500



LEGENDA

- S3 ● Sondaggi a carotaggio continuo
- P8 ● Prove penetrometriche dinamiche standard (S.C.P.T.)
- S5 ● Sondaggi attrezzati con piezometro
- C — C' Tracce delle sezioni litologiche
- S10 ○ Sondaggi a distruzione di nucleo

Località: Campagnoli - Lonato (BS)

DATA

13/07/2001

SCALA

1:50

SONDAGGIO

S2

<input type="checkbox"/>	Campione rimaneggiato	<input type="checkbox"/>	LEFRANC	<input type="checkbox"/>	Piezometro cieco
<input type="checkbox"/>	Campione semidisturbato	<input type="checkbox"/>	Prova di permeabilità	<input type="checkbox"/>	Piezometro fessurato
<input type="checkbox"/>	Campione indisturbato (Fustella)	<input type="checkbox"/>	LUGEON		
<input type="checkbox"/>	Campione S.P.T.	<input type="checkbox"/>			

LIVELLI ACQUA

PROFONDITA'		SERA		MATTINO	
Rivestimento	Foro	Data	H	Data	H

Quota di Riferimento	Profondità m	Sezione Terreno	Campioni	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Carotiere	Rivestimento	Prove di permeabilità	Vane Test Kg/cmq		Profondità	S.P.T.	Falda Acquifera	Piezometro $\phi=2"$
								max.	res.				
	-0,30			Terreno vegetale ghiaioso-sabbioso di colore ruggine.									
	-6,00			Ghiaia da medio grossolana a fine e subordinatamente ghiaia grossolana e sabbia.	101 mm	127 mm							
	-8,60			Limo sabbioso di colore beige, da mediamente a bene addensato, saturo. Presenza d'acqua.							24 18 27		
	-9,20			Ghiaia da fine a medio grossolana e sabbia bene addensata.									
	-15,00			Depositi Morenici: Alternanza di argille limose di colore beige e/o grigio con ghiaia e sabbia da bene a mediamente addensata. Sono presenti livelli più francamente ghiaioso-sabbiosi.									

-4,00

-6,00

-7,30

-10,00

Località: Campagnoli - Lonato (BS)

DATA 18-19/07/2001

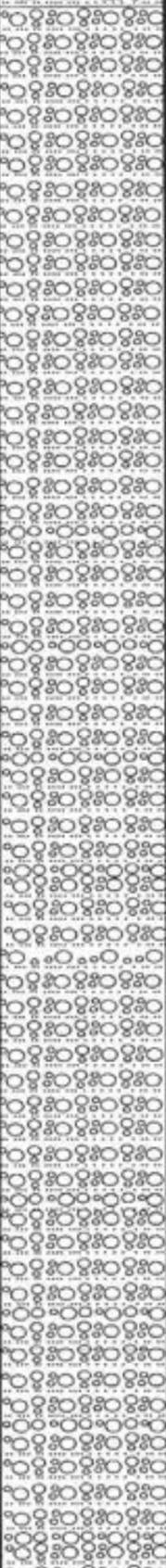
SCALA 1:50

SONDAGGIO S4

- Campione rimaneggiato
- Campione semidisturbato
- Campione indisturbato (Fustella)
- Campione S.P.T.
- LEFRANC
- Prova di permeabilità
- LUGEON
- Piezometro cieco
- Piezometro fessurato

LIVELLI ACQUA

PROFONDITA'		SERA		MATTINO	
Rivestimento	Foro	Data	H	Data	H

Quota di Riferimento	Profondità m	Sezione Terreno	Campioni	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Carotiere	Rivestimento	Prove di permeabilità	Vane Test Kglcmq		Profondità	S.P. T.	Falda Acquifera	Piezometro $q=2"$
								max.	res.				
	-0,40			Terreno vegetale ghiaioso-sabbioso di colore marroncino-rossastro.									
				Ghiaia da medio-grossolana a fine e subordinatamente ghiaia grossolana e sabbia.	101 mm	127 mm	○ 6,00			-7,00	32 18 26	-7,60	
	-12,50			Sabbia da fine a grossolana a tratti limosa.						-9,00	22 17 20		
	-15,00									-12,00	18 24 23		



STRATIGRAFIE POZZI



Sede operativa: Via Verdi , 9 – 25080 Padenghe sul Garda (BS) - Tel/Fax 030 9914222 - cell. 3396012311
E-mail: info@lentinirosannageologia.it - **Sito Web:** www.lentinirosannageologia.it
E-mail dedicate: amministratore@lentinirosannageologia.it - ufficiotecnico@lentinirosannageologia.it
Sede Legale: Via Dugali, 34 - 25080 Padenghe sul Garda (BS) - C.F. LNTRNN69C43C351F - P. I.V.A. 01940640988

om. Dionigio e Renato s.n.c.

SOLFERINO (MN)

r.e. n.c.m.

0376 854043

F. 01221500208

L. MN 144190

S. MN 10790

8252409



QUALIFICAZIONE SOA

CATEGORIA: OG 06 N.5285/10/00

Associata ANIPA - Associazione Nazionale Imprese Pozzi Acqua

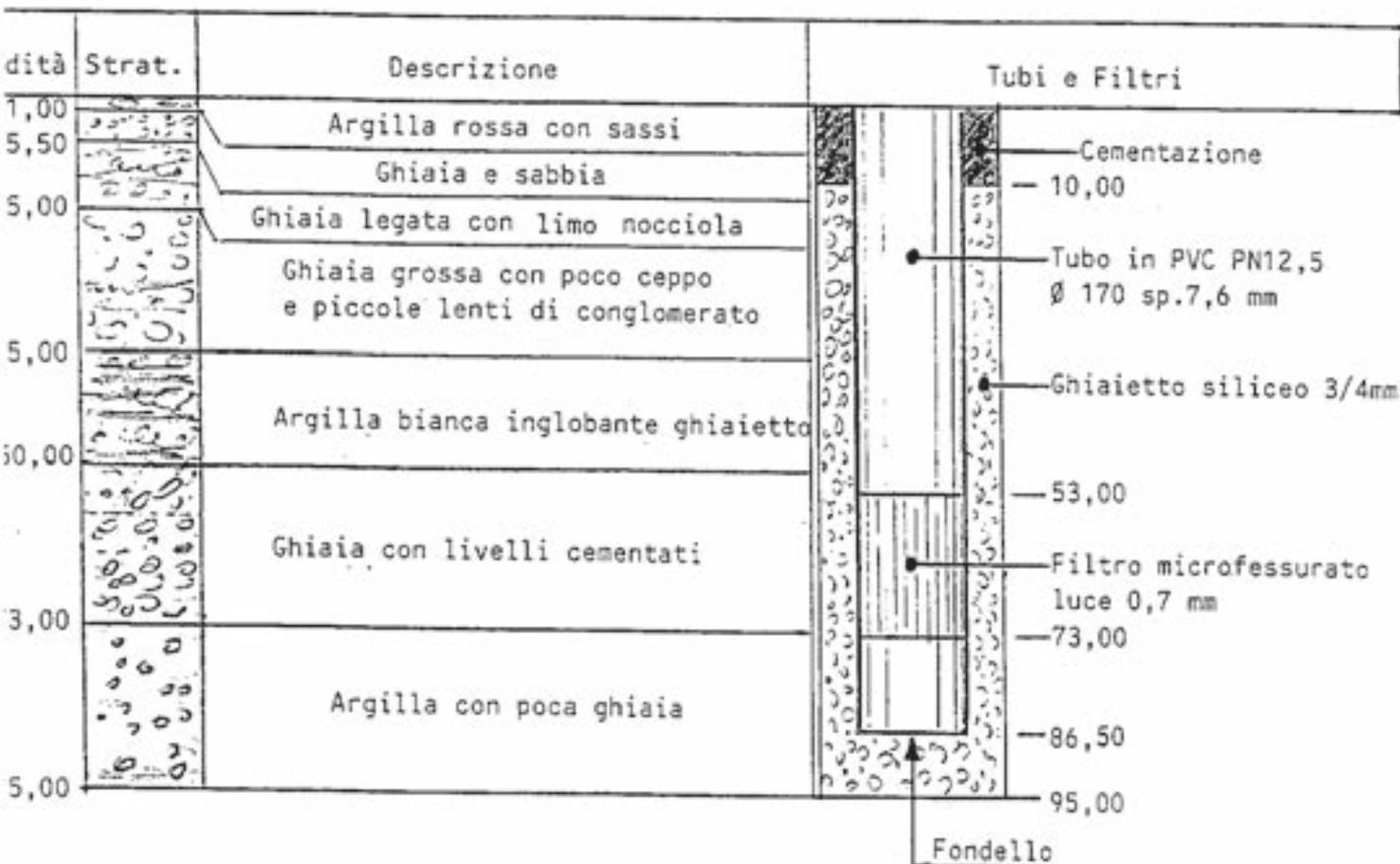
Spett.Le

TIP - IMPIANTI S.R.L.

Via Poli, 44/46

25018 MONTICHIARI (BS)

if. IPER di Lonato (BS)



Livello Statico ml. 38,30

Livello Dinamico ml. 38,75

Portata mt./secondo 17,00

MALTEINI

TRIVELLAZIONI POZZI ACQUA • ELETTROPOMPE SOMMERSE

com. Dionigio e Renato s.n.c.

VIA SOLFERINO (MN)

IN. N.C.M.

T. 0376 854043

C. F. 01221900208

A. MN 1-4190

AB. MN 10750

T. 8262409



2

QUALIFICAZIONE SOA

CATEGORIA: OG 06 N.5285/10/00

Associata ANIPA - Associazione Nazionale Imprese Pozzi Acqua

Liv. Statico ml. 38,80

Liv. Dinamico ml. 40,10

Portata lt./sec. 22,00

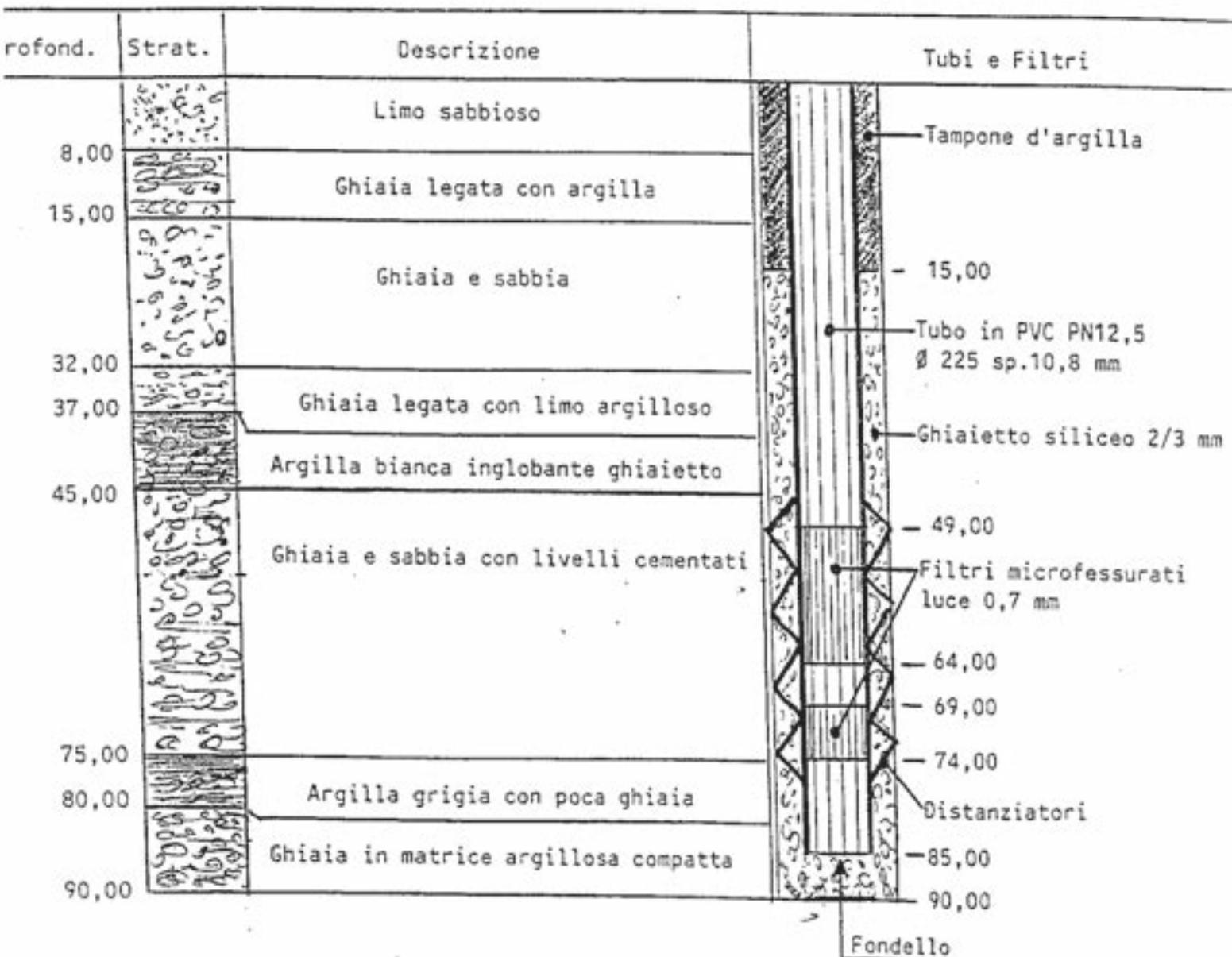
Spett.Le

TIP IMPIANTI S.R.L.

Via Poli G. 44/46

25018 MONTICHIARI (BS)

POZZO IN LONATO (BS) - RIF. IPER



MALINI

TRIVELLAZIONI POZZI ACQUA • ELETTROPOMPE SOMMERSE

ini geom. Dionigio e Renato s.n.c.

a. 40042 SOLFERINO (MN)
s. Pellegrino, n.c.m.
el. e fax 0376 854043

P.IVA n. C.F. 01221500208
C.C.I.A.A. MC: 144190
Iscr. Trib. MC: 12790
A.N.C. 303245



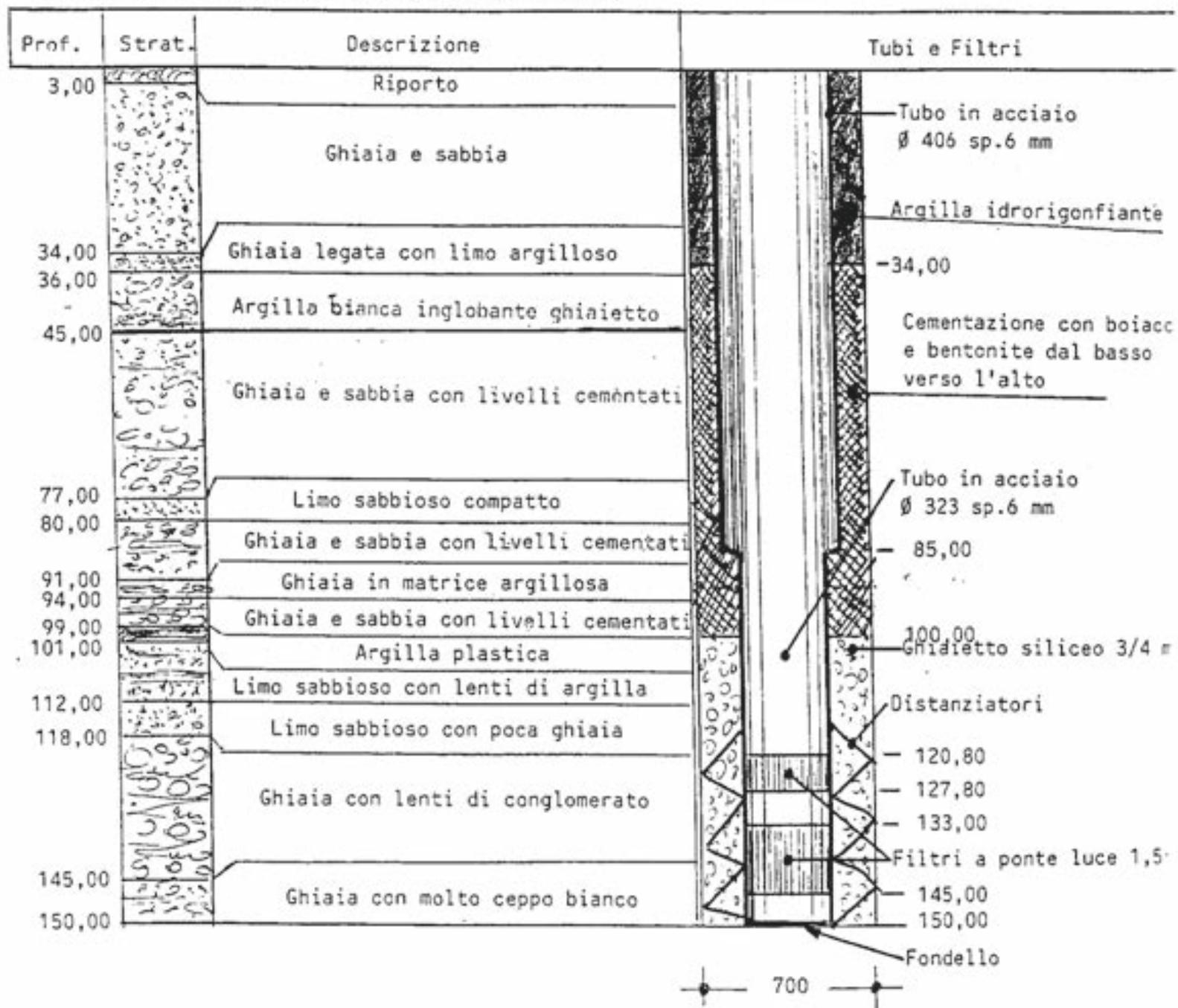
QUALIFICAZIONE SOA
CATEGORIA: OG 06 N.5285/10/00

Associata ANIPA - Associazione
Nazionale Imprese Pozzi Acqua

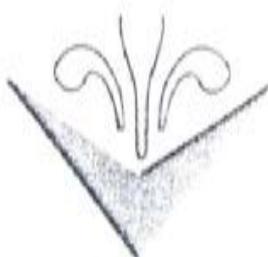
Liv. Statico ml. 48,60
Liv. Dinamico ml. 49,25 lt/sec. 18
Liv. Dinamico ml. 49,80 lt/sec. 28
Liv. Dinamico ml. 50,30 lt/sec. 37
Liv. Dinamico ml. 50,90 lt/sec. 42

Spett.Le
CEDRO 99 S.R.L.
Via Ponchielli, 7
20122 MILANO

Rif. CENTRO COMMERCIALE IL LEONE DI LONATO (BS)



MALINI
TRIVELLAZIONI POZZI ACQUA • ELETTROPOMPE SOMMERSE

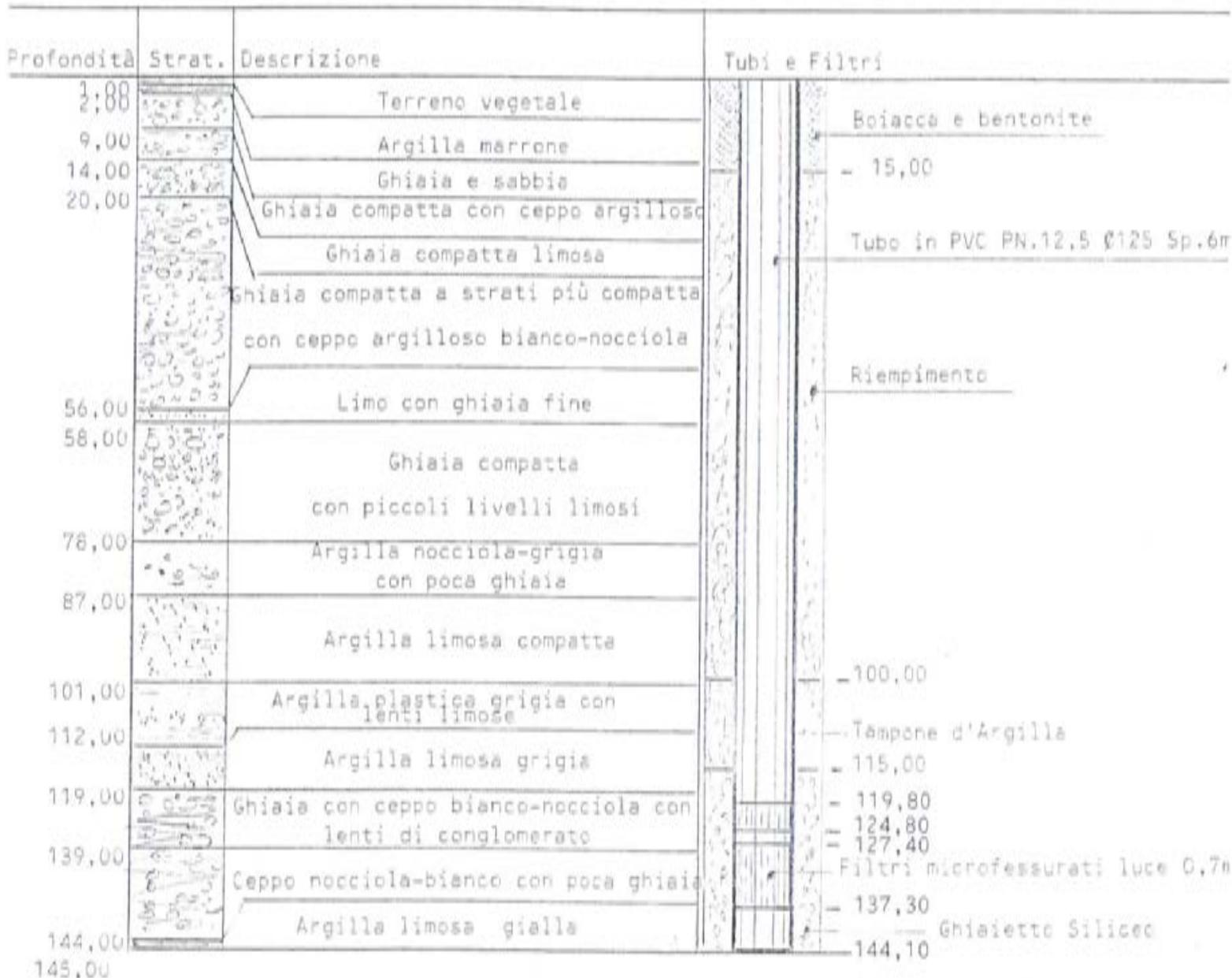


POZZO 4

Liv. Statico Mt. 50,10 Testa Pozzo
Liv. Dinamico Mt. 51,00 Lt./min. 85,00
Liv. Dinamico Mt. 51,04 Lt./min. 95,00
Liv. Dinamico Mt. 51,06 Lt./min. 125,00

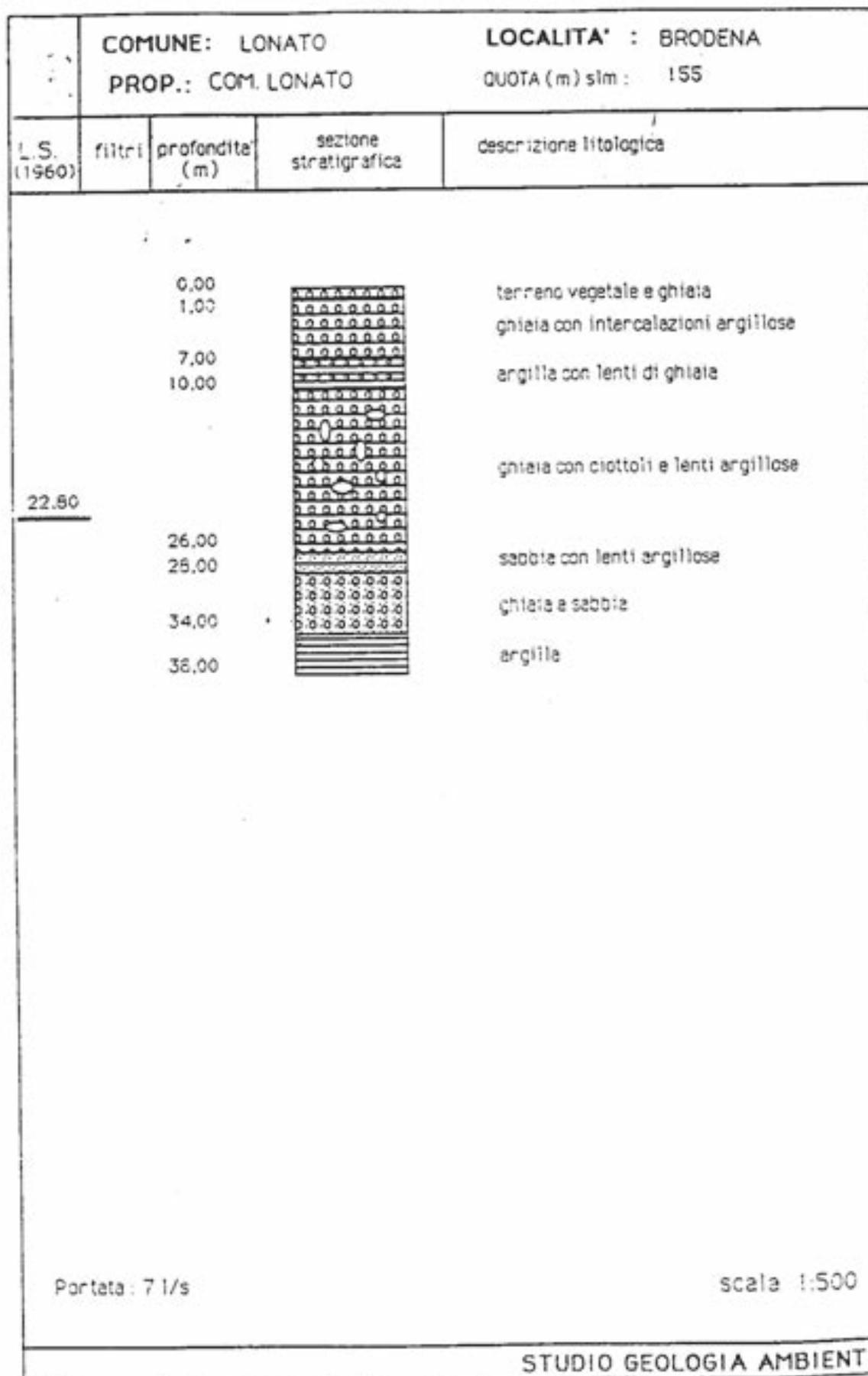
Spett.le
BISSOLO CASA S.R.L.
Viale Europa 17/C
37032 MONTEFORTE D'ALFONE (VR)

Pozzo in Lonato del Garda (BS)



MALTINI

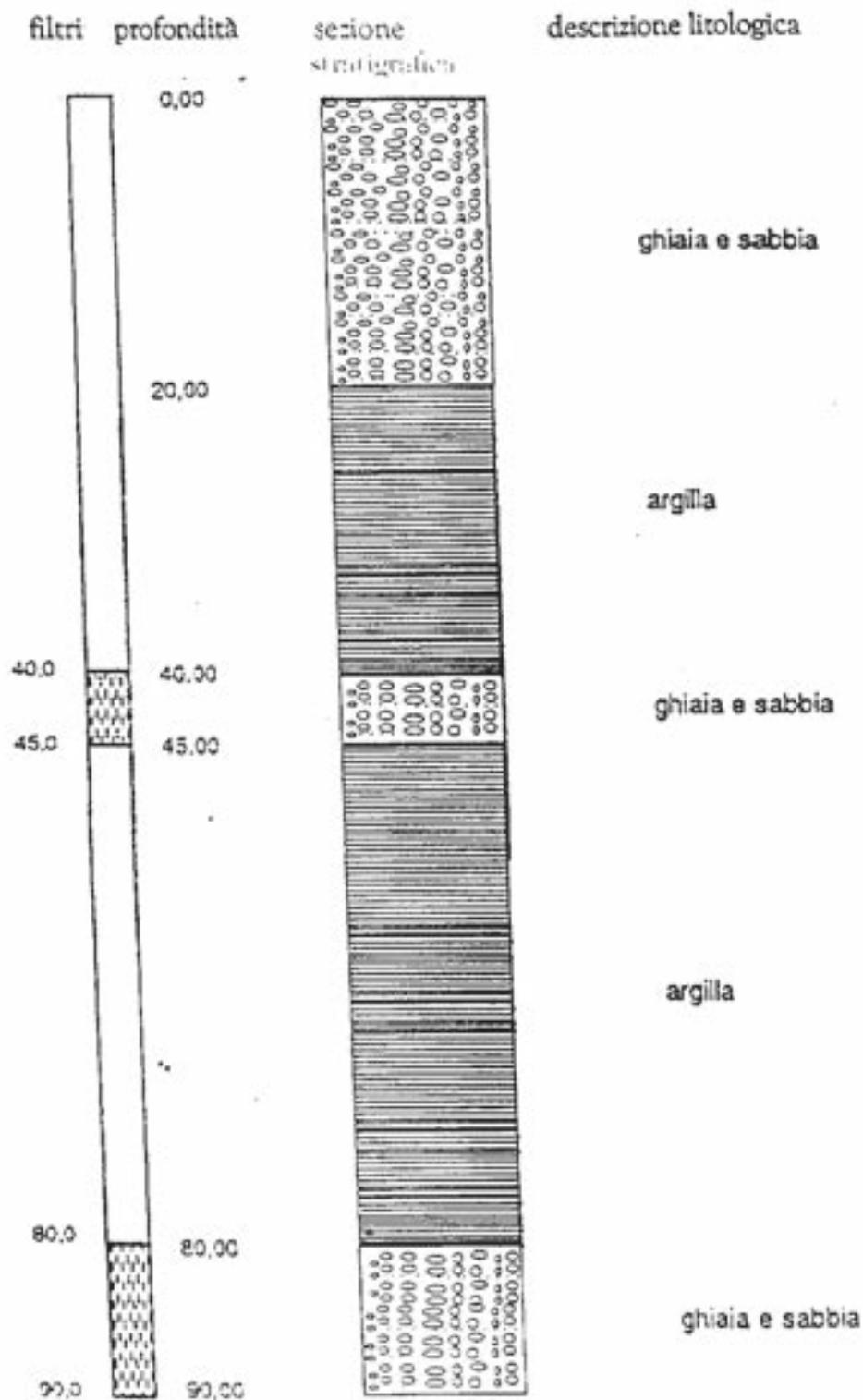
TRIVELLAZIONI POZZI ACQUA • ELITTI OPOMTI SOMMERSI



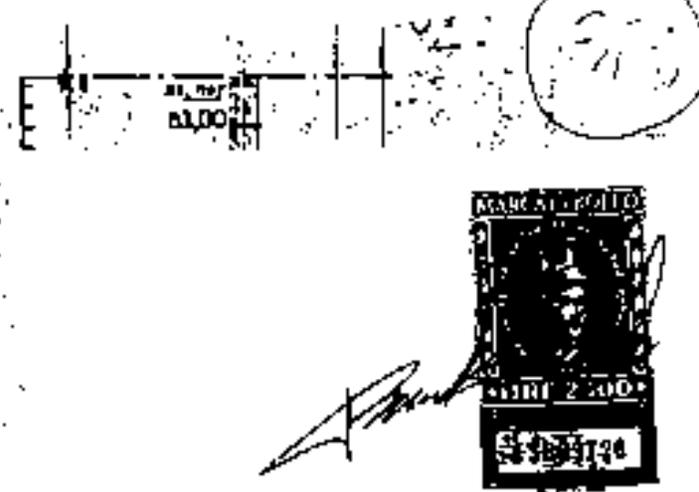
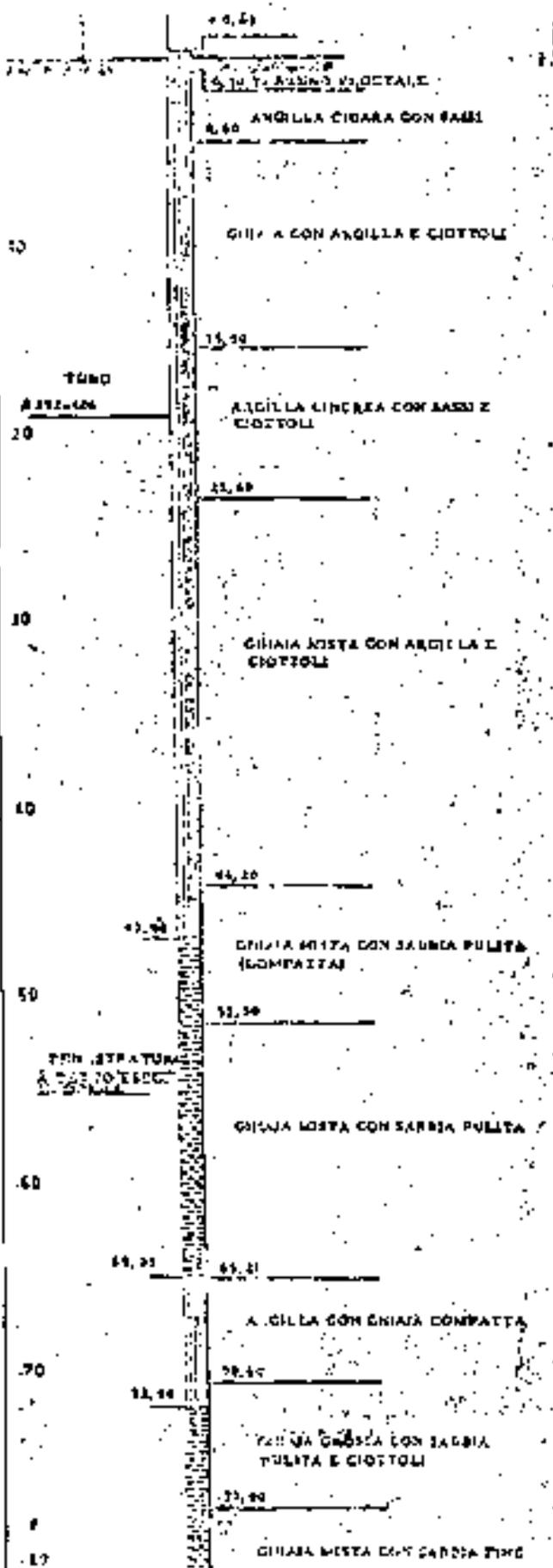
17

Località: C.na Traversino

Comune: Lonato



Scala 1:500



Stratigrafia

	Pozzo eseguito per IMPRESA GIRACCHI S in loc. Campagnoli di Lonato
	POZZO N° _____ ultimato il 1974

COMUNE DI IONATO — PROV. DI BUES

STRATIGRAFIA DEL POZZO ARTESIANO
IN TURI NERI CALANDRATI DEL DIA-
METRO \varnothing 400 mm. CON FILTRI A PON-
TE DI PROPRIETA' DELLA DITTA:

M.M. - MARCHESINI MACELLI

VIA MARCHESINI WALTER & C. S.p.A.



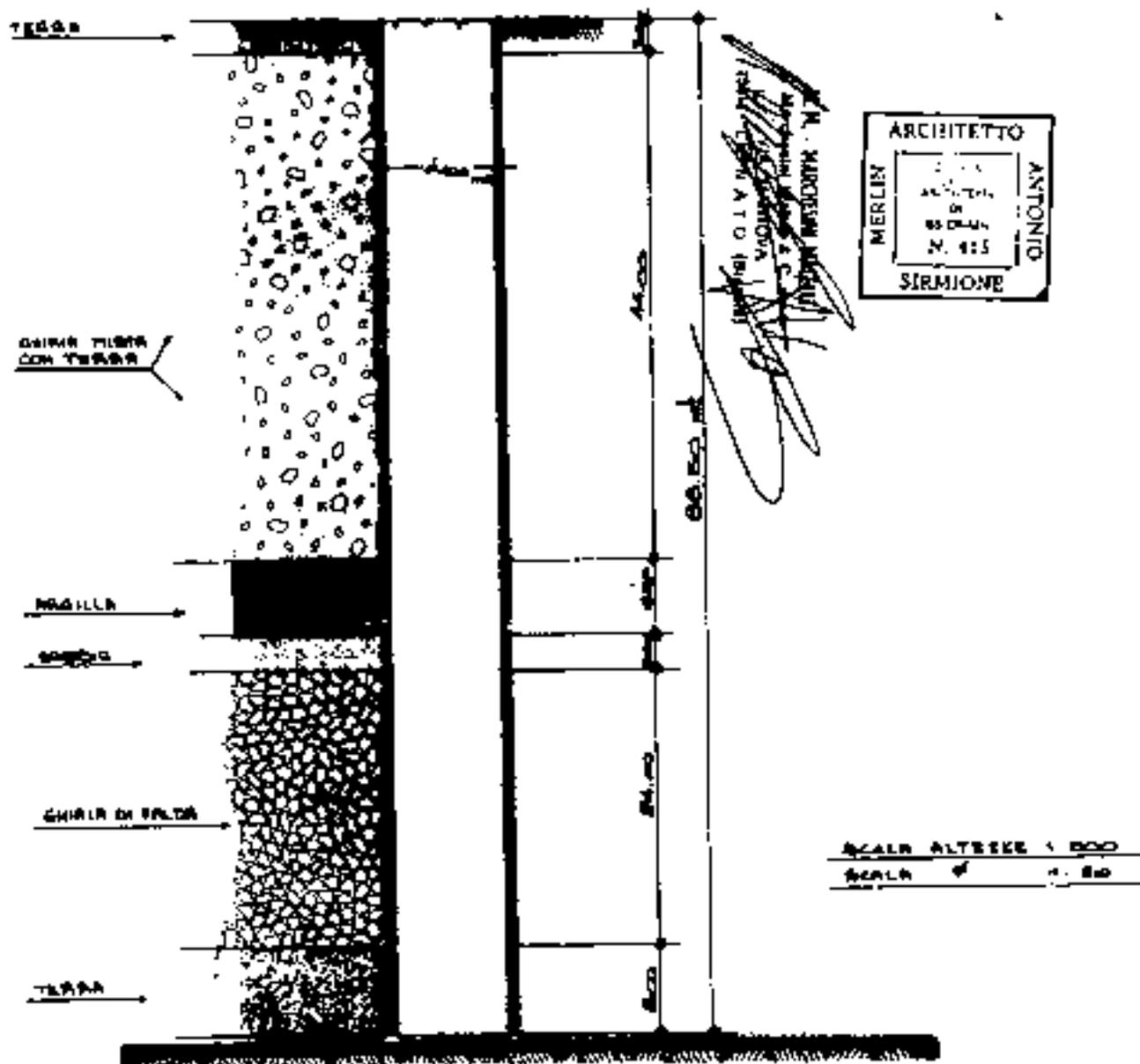
108440000

GABRIELE SAVOLDI

periti litologici
familiari - agricoli - industriali

Cod. Fisc. 071.041.29630-04508

Via Sesto d'Asopora, 26 - Tel. (039) 994236 - 99412 CALVISANO



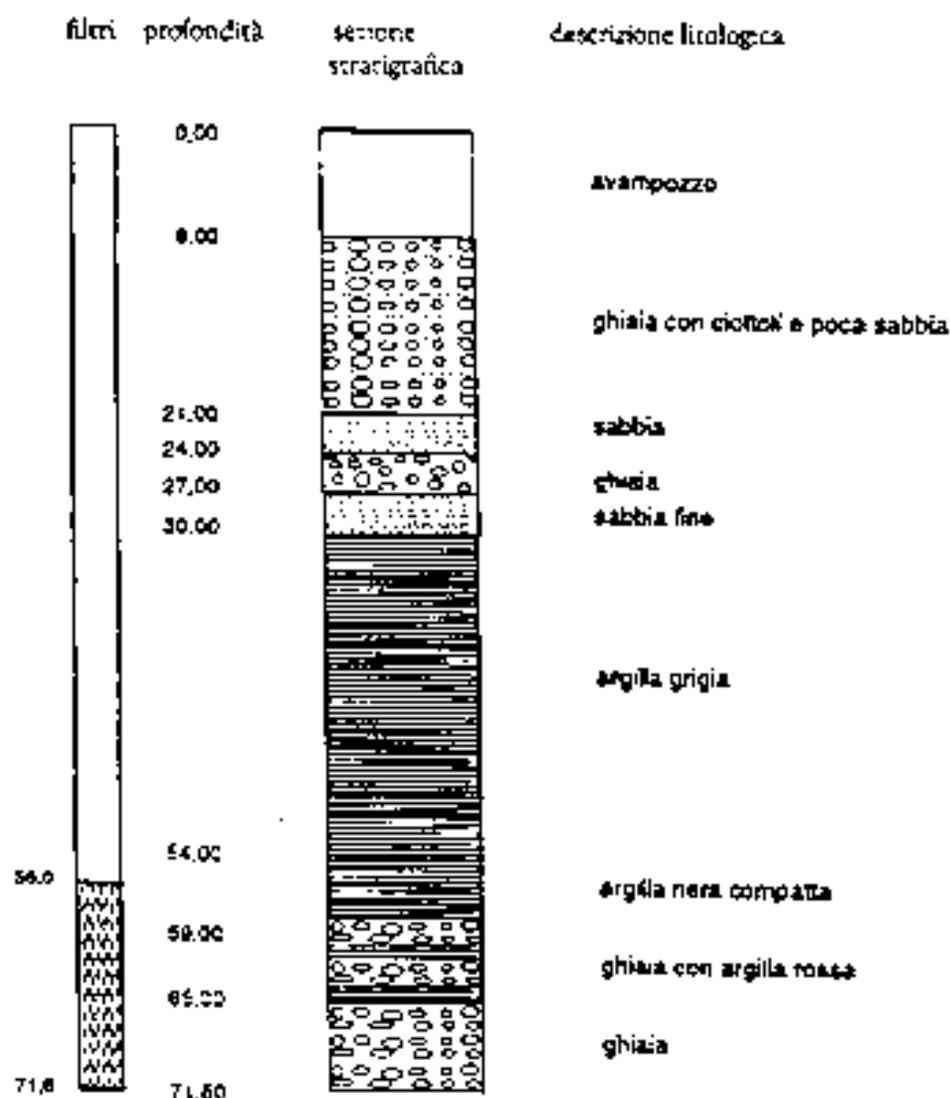
OTT. GEOL. GIORGIO CRESTANA

Studio di Geologia Tecnica ed Ambientale
 a Rambotti, 6 - 25015 Desenzano del Garda (BS) Tel. 030/9991430

Data: 1983

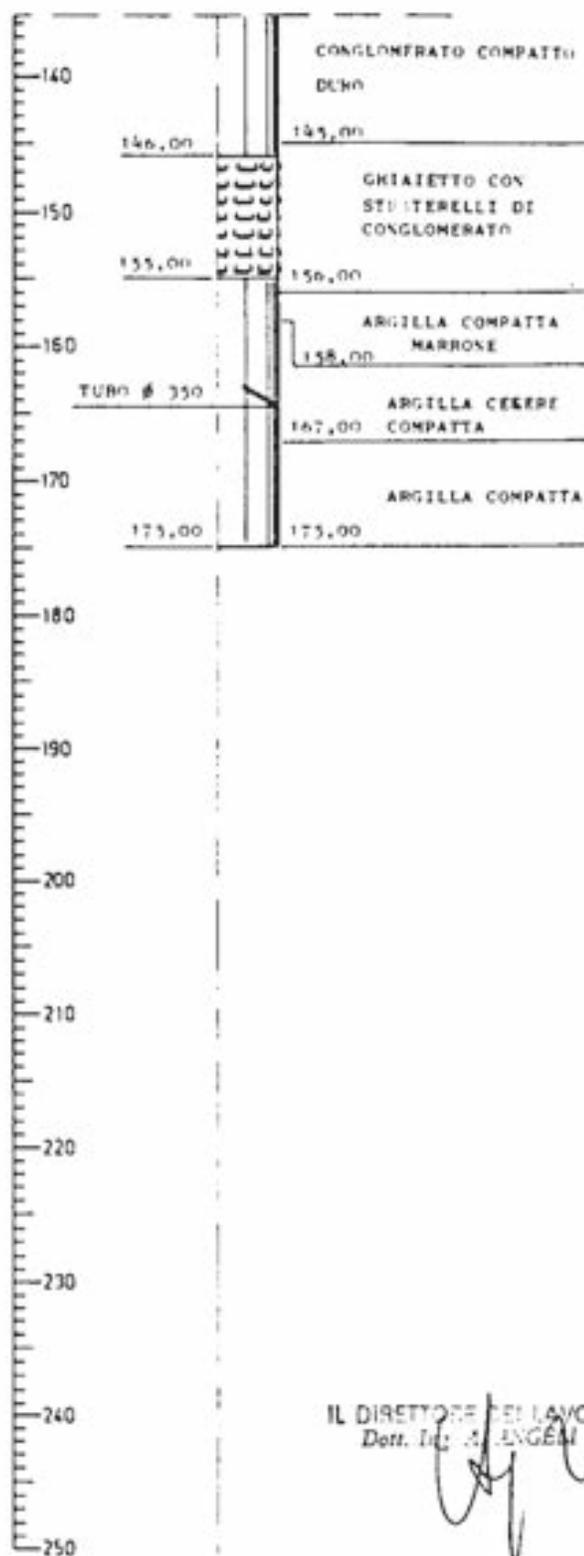
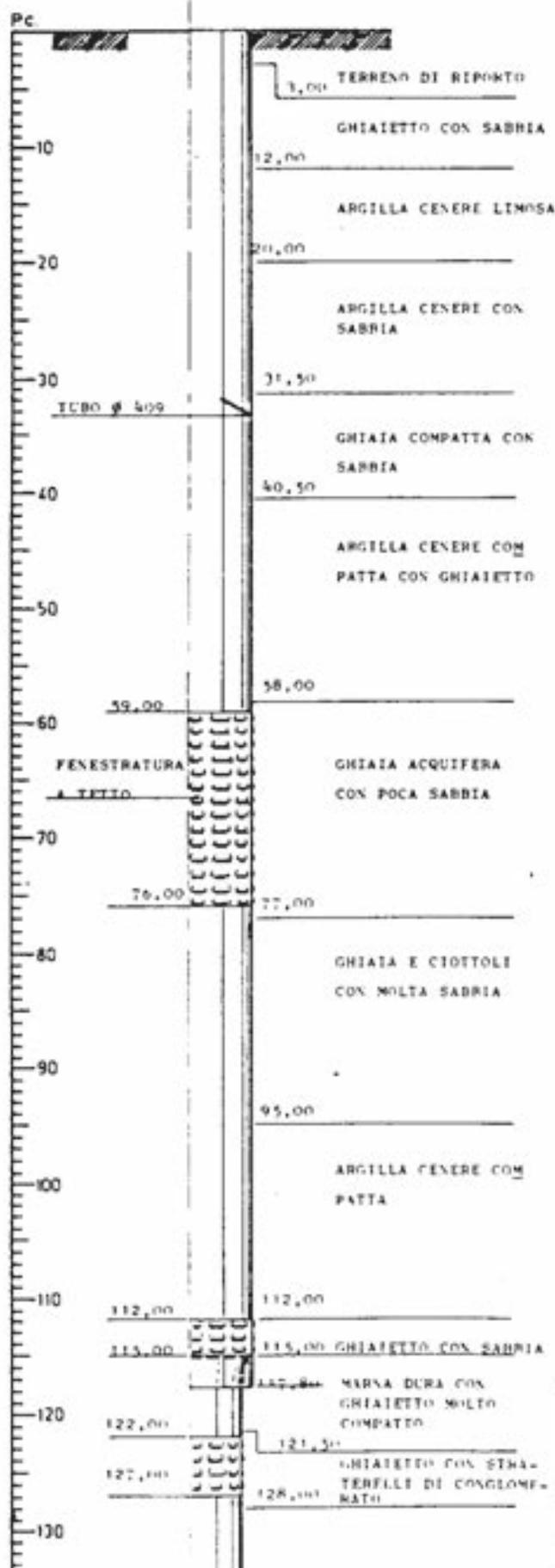
Proprietario: Ex Cip Zoo

Comune: Desenzano



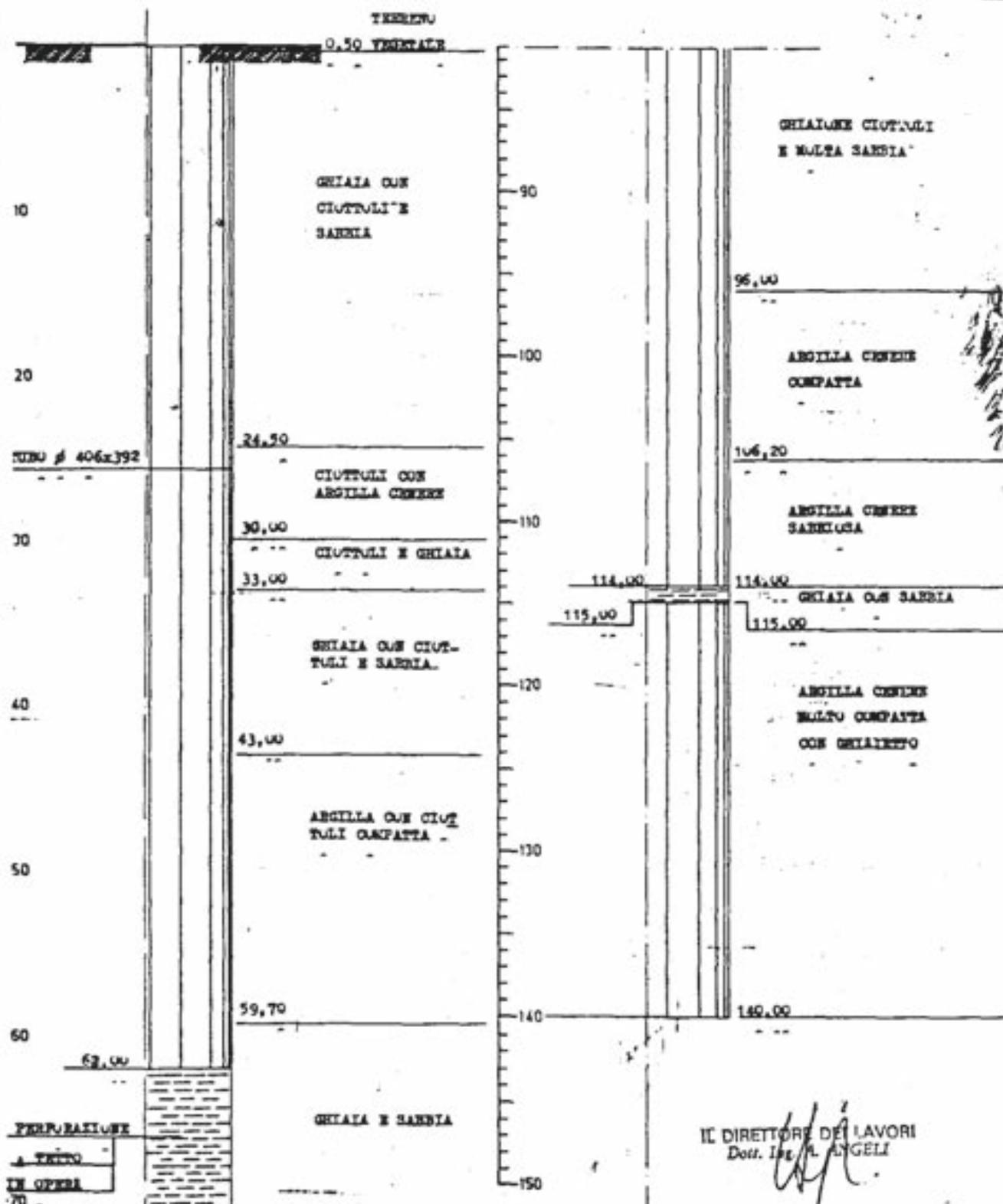
Livello statico collaudo: 21 m da p.c.
 Livello dinamico collaudo: 23 m da p.c.

Scala 1:500



IL DIRETTORE DEI LAVORI
Dott. Ing. A. ANGEMI

JAMES MASSARENTI PIACENZA-ITALY	Pozzo eseguito per <u>Consorzio di Morena del Garda - Castel Venzago - Lonato - BRESCIA -</u>	
	ESITO DELLA PROVA {	Livello statico m <u>34</u> Livello dinamico m <u>26,80</u> Portata litri/sec <u>87</u>



IAMES		Botta assoglia per CONS. BON.	
MASSARENTI PIACENZA-ITALY		MORENA DEL GARDA LONATO BRESCIA	
ESITO DELLA PROVA	Livello statico m.	35	POZZO N° 3892 Ultimato il 16-3-84
	Livello dinamico m.	37	
	Portata litri/sec.	54	

DOTT. GEOL. GIORGIO CRESTANA

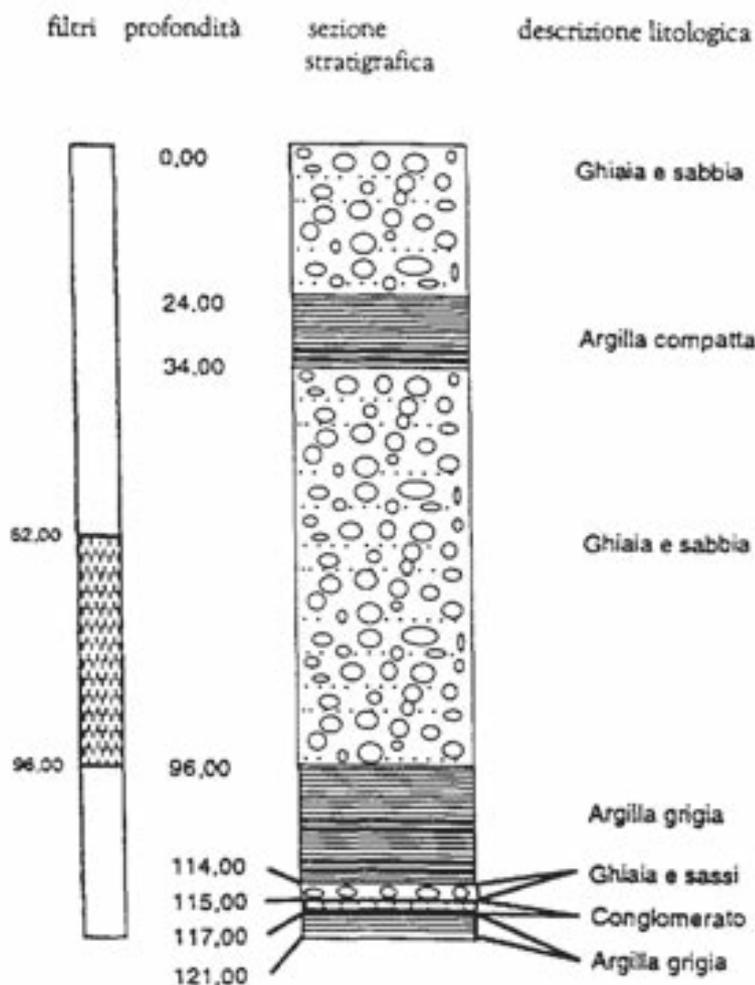
Studio di Geologia Tecnica ed Ambientale

Via Rambotti, 8 - 25015 Desenzano del Garda (BS) Tel. 030/9991430

Proprietario Consorzio Di Bonifica Medio Chiese

Località: C.na Bianca

Comune: Lonato.



Scala 1:1.000

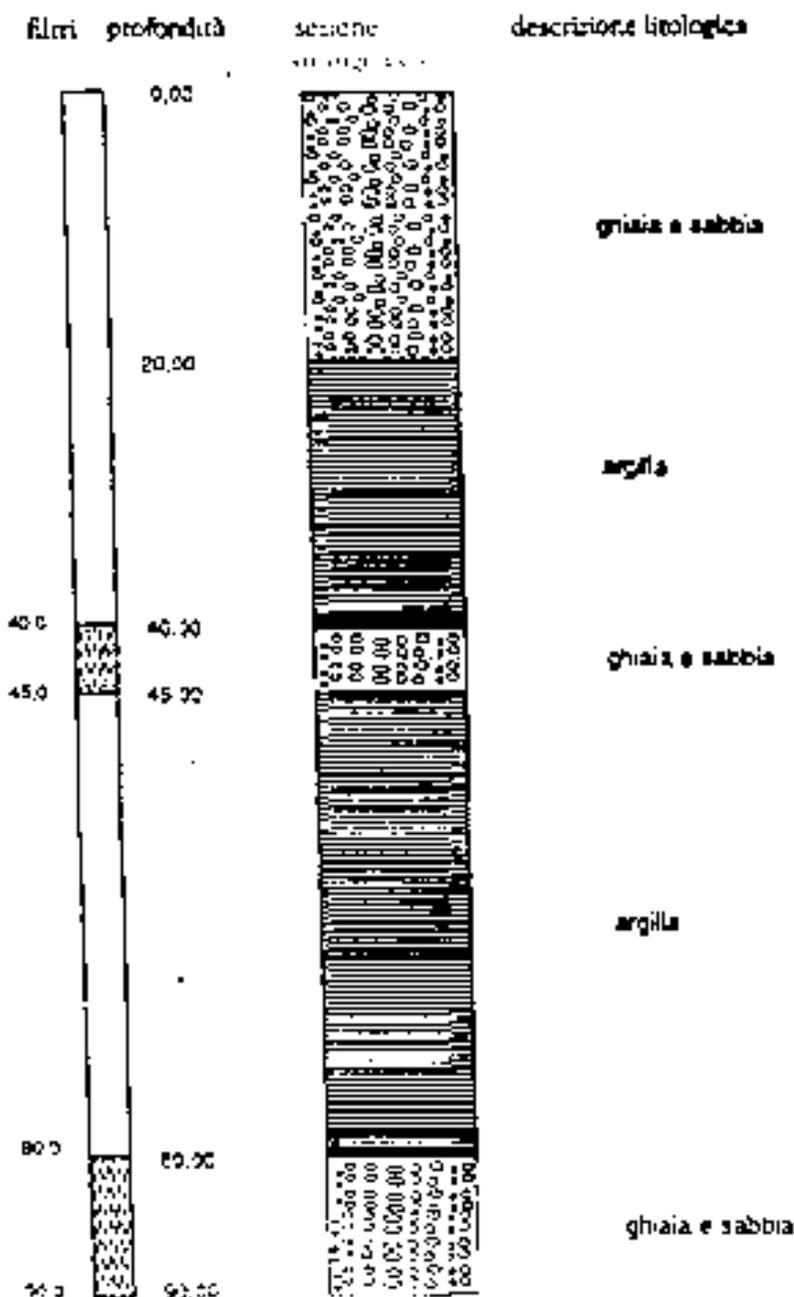
DOTT. GEOL. GIORGIO CRESTANA

Studio di Geologia Tecnica ed Ambientale

Via Rambotti, 6 - 25015 Desenzano del Garda (BS) - Tel. 030/9991430

Località: Cava Traversino

Comune: Lonato



Scala 1:500



Maltini Geom. Dionigio e Renato S.N.C.

TRIVELLAZIONI POZZI ACQUA

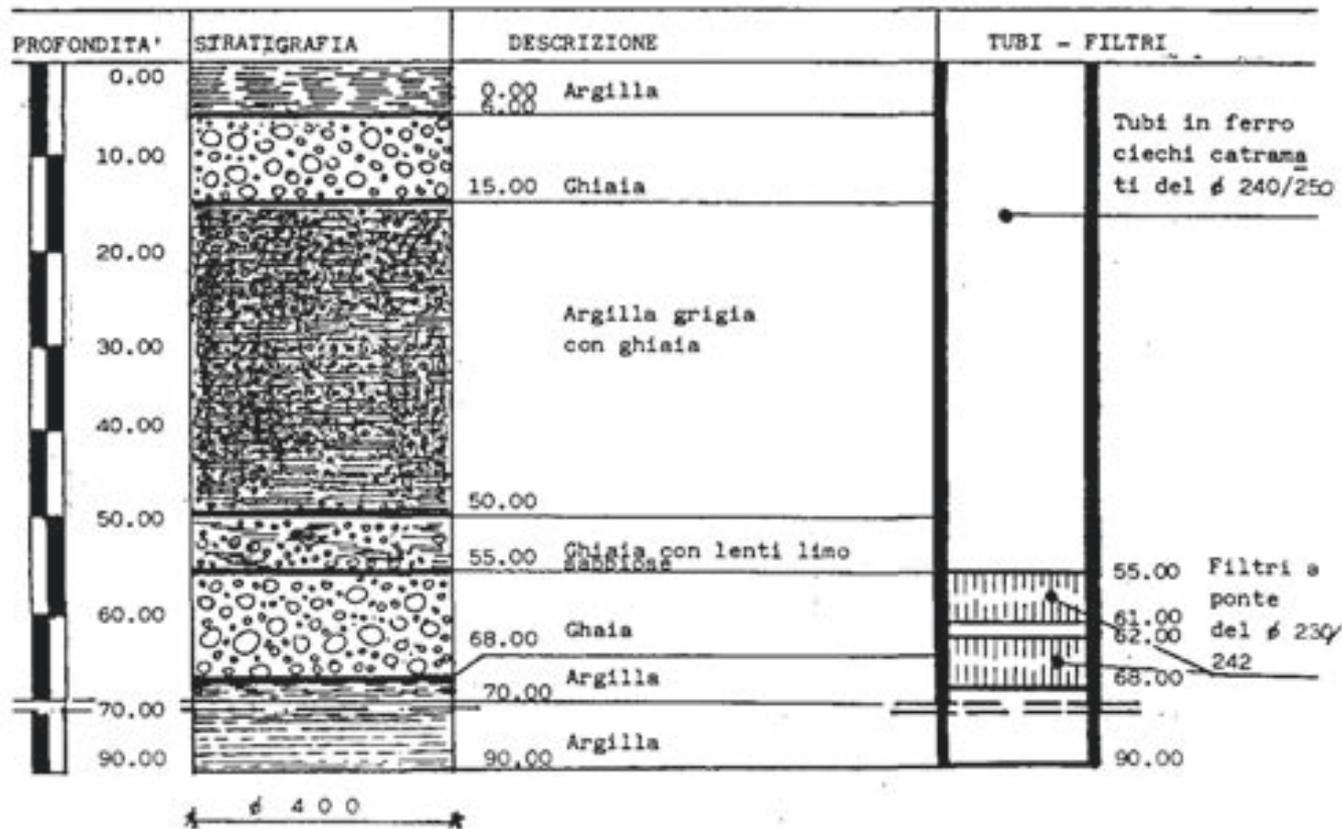
Via S. Martino, 31 - Tel. 0376/854043 - 46040 Solferino (Mn)

Partita IVA: 01221500208

Solferino Il. 04 maggio 1988

Spettabile
Azienda Agricola
Savio Angelo, Pietro, Giorgio
Via Lavagnone, 6

25010 Centenaro di Lonato (BS)



Livello Statico ml. 22,00

Livello Dinamico ml. 30,00

Portata acqua lt./secondo 30,00

FRANCESCO ALBERINI
ARCHITETTO
Giulio Architetto MANTOVA
NR. 2

Savio Angelo
AZ. AGR.
Savio Angelo, Pietro, Giorgio
Via Lavagnone - CENTENARO
25010 LONATO (BS)
P. IVA C.F. 02979230170