

Regione
Emilia Romagna



Provincia di
Bologna



Comune di
Ozzano dell'Emilia



PARCO FOTOVOLTAICO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DI POTENZA PARI A 36 MWp NEL COMUNE DI OZZANO DELL'EMILIA (BO).

PROGETTISTA INCARICATO:

Ing. Giovanni Cis
Tel. 3490737323
Pec: giovanni.cis@ingpec.eu



Scala

n.d.

Formato

A4

Titolo elaborato:

Relazione geologica con
caratterizzazione
geotecnica e sismica

TECNICI COINVOLTI:

Studio acustico:

Arch. Maurizio Cossar

Piazza IV Novembre, 22 - San Donà di Piave (VE)
info@dbacustica.it

Studio archeologico:

Dott.ssa Ilaria Frontori

Via Santa Margherita, 14 - Cologno Monzese (MI)
ilaria.frontori@gmail.com

Studio agronomico:

Dott. Matteo Sorrenti - Dott.
Salvatore D'Agostino

Studio idraulico e geologico:

Dott. Velicogna Alberto

Via G. Carducci, 15 - Seriate (BG)
a.velicogna@libero.it

Società proponente:

OPR SUN 23

P.IVA: 13006040961
PEC: oprsun23srl@pecimprese.it

CODICE ELABORATO

PROGETTO	CLASSE	TIPO	PROG.
RVFVER30	VIA2	R	25

Rev.	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
00	11/23	Prima emissione	AV	AV	AV
01					
02					
03					
04					
05					
06					

GESTORE RETE ELETTRICA



P.IVA: 05779661007
PEC: info@pec.terna.it

PROGETTAZIONE A CURA DI

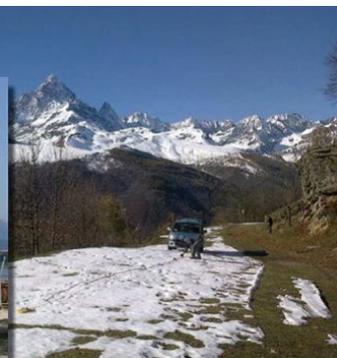
RENNVALUE

P.IVA: 05392690284
PEC: cert@pec.renvalue.it

Prove penetrometriche, indagini geofisiche, prelievo campioni di terreno, prove di carico su piastra, videoispezioni, ricerca cavi, tubazioni e sottoservizi, servizi tecnici a professionisti, imprese e privati. Operiamo in tutta Italia (isole comprese).

www.applisasgeoservizi.com
a.velicogna@libero.it

seguici  <http://www.facebook.com/Apllisas>



LAUT ENGINEERING Srl, via San Crispino 106, 35129, Padova (PD)

RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO FOTOVOLTAICO OZZANO DELL'EMILIA (BO)



Commessa: 83 -23

Data: 07/07/23

Dott. Geol. Alberto Velicogna



*SEDI: (legale e operativa)
(territoriali)*

*via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)*

Tel: +39 329 2289939

www.applisasgeoservizi.com

e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

Sommario

1.PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO	2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO GENERALE.....	5
3.1 EVOLUZIONE GEOLOGICA	5
3.2 GEOMORFOLOGIA	8
3.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO AREA IN OGGETTO	8
3.4 TETTONICA.....	13
4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO - IDROMORFOLOGICO	14
5.VINCOLISTICA.....	21
6.INDAGINE GEOGNOSTICA	22
6.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE	22
6.3 INDAGINE MASW	24
7.CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	27
8. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	33
ANALISI STRATIGRAFICA	36
SOGGIACENZA DELLA FALDA.....	37
ACCELERAZIONE MASSIMA AL SUOLO	37
PERICOLOSITÀ A LIQUEFAZIONE	40
8.1. VERIFICA A LIQUEFAZIONE DEL TERRENO	42
METODO NCEER (2010)	44
VERIFICA PER IL SITO IN OGGETTO	46
9.MODELLO GEOTECNICO.....	50
9.1 RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA	52
10.CONCLUSIONI.....	53
ALLEGATI	55

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

1.PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

La presente relazione illustra i risultati di un'indagine geognostica eseguita al fine di valutare le caratteristiche geotecniche dei terreni per la realizzazione di due "Parchi Fotovoltaici" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile. Gli impianti verranno realizzati nel Comune Ozzano dell'Emilia (BO). Gli ambienti adiacenti sono costituiti prevalentemente da aree agricole.

In questa relazione geologico-tecnica si caratterizzano i terreni da un punto di vista geotecnico, al fine di valutare la Capacità Portante ammissibile ed i cedimenti prevedibili secondo quanto prescritto dalle NTC 2018 "Norme tecniche per le Costruzioni" contenute dal D.M. 17.01.2018. e con la Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018 – Suppl. Ordinario n. 8: "Aggiornamento delle NTC di cui al D.M. 17 gennaio 2018".

Questa relazione, pertanto, seguendo i dettami della norma vigente e dello stato dell'arte è finalizzata alla costruzione del modello geologico, che è imprescindibile per la redazione del successivo modello geotecnico, facente parte della relazione d'opera geotecnica. Il presente documento si prefigge quindi di essere anche uno strumento tecnico d'ausilio per la definizione progettuale.

Il giorno 29 Giugno 2023 si è effettuata una campagna di indagini mediante l'esecuzione di:

- n° 2 prove penetrometriche dinamiche
- n° 2 indagini geofisiche con metodologia M.A.S.W.
- acquisizione ed analisi di bibliografia tecnica specifica
- elaborazione del presente documento

La caratteristica specifica di questo tipo di indagini è di essere di tipo preciso, diretto e locale; i dati acquisiti hanno un valore investigativo puntuale e possono essere raffrontati esclusivamente con altre prove analoghe a distanze limitrofe; qualsiasi altra estrapolazione non ha alcun valore geotecnico.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

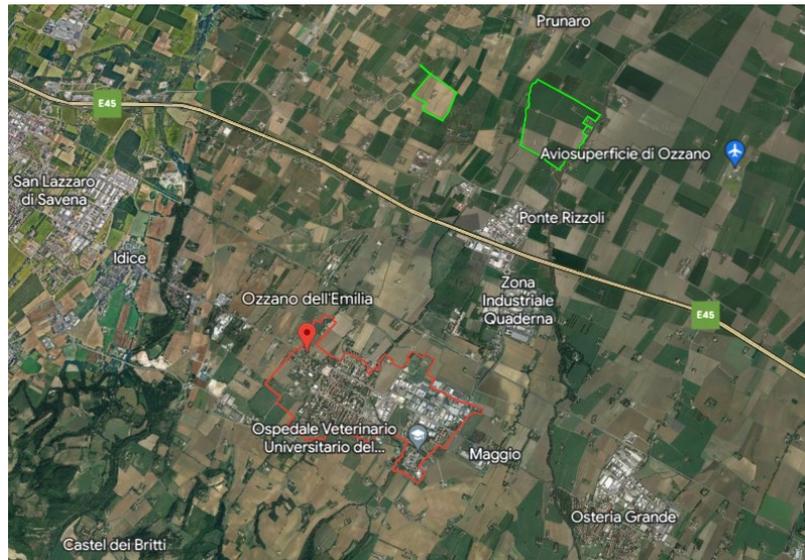


Figura 1: Ubicazione del comune di Ozzano dell'Emilia (BO)

Normativa di riferimento

D. Lgs. N. 4 del 16 gennaio 2008 in vigore dal 13 giugno 2008, recante importanti modifiche al D.Lgs 152/2006 in materia ambientale

Decreto Ministeriale 17.01.2018

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.

Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture

Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . - UNI

Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

Eurocodice 7.3 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI

Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico

Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale

Piani Territoriali di coordinamento (Province)

Piano Strutturale e Regolam. Urbanistico

PRGC comune di Ozzano dell'Emilia (BO)

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio del comune di Ozzano dell'Emilia è collocato nella Valle Idice, a Sud-Est della Provincia di Bologna, a pochi chilometri dal capoluogo.

Il territorio della Valle Idice è quello tipico del "margine appenninico", in cui la pianura termina contro i primi declivi appenninici ("Appennino Embrionale"), sepolti sotto i depositi alluvionali padani.

Il Comune ha un'estensione territoriale di 64,94 km², assumendo la forma caratteristica di un rettangolo lungo e stretto, con altitudine di 68 m s.l.m.

Il centro è situato nell'alta pianura emiliana, lungo la via Emilia, fra i torrenti Idice e Quaderna. A monte, lungo la valletta del rio Centonara, sono ubicati i calanchi dell'Abbadessa.

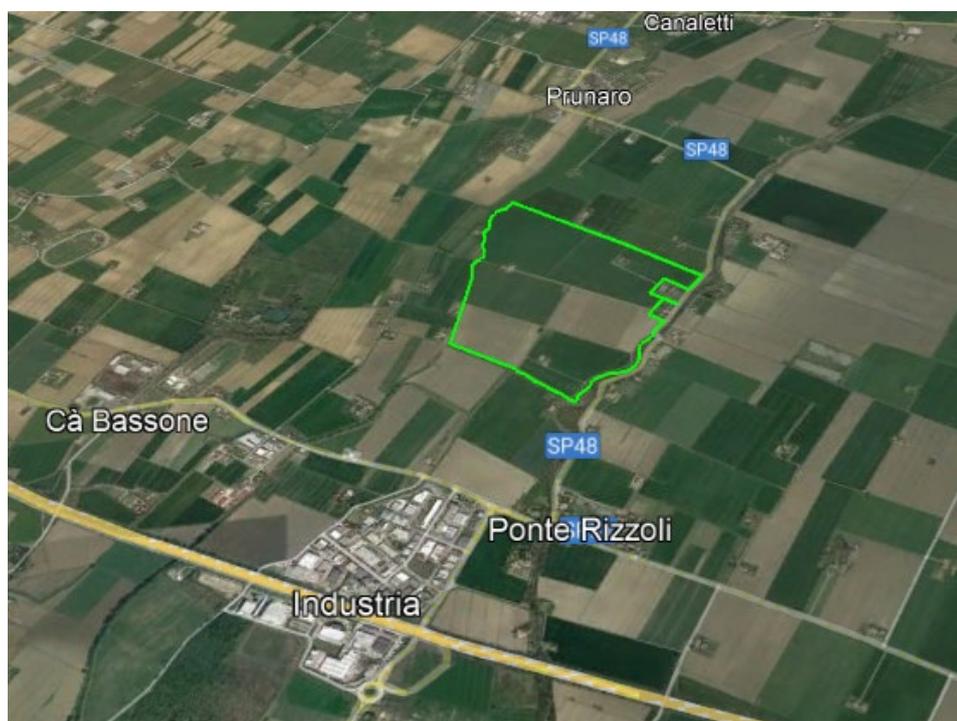


Figura 2: Foto satellitare con ubicazione delle aree d'indagine (da Google Earth)

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO GENERALE

3.1 EVOLUZIONE GEOLOGICA

1.1.1 – Andamento delle pieghe sepolte, e spessore in chilometri dei sedimenti pliocenici e pleistocenici (tratta da M. Pieri e G. Groppi, 1981. Il Comune è perimetrato con linea continua, i puntini segnano il limite dei depositi marini).

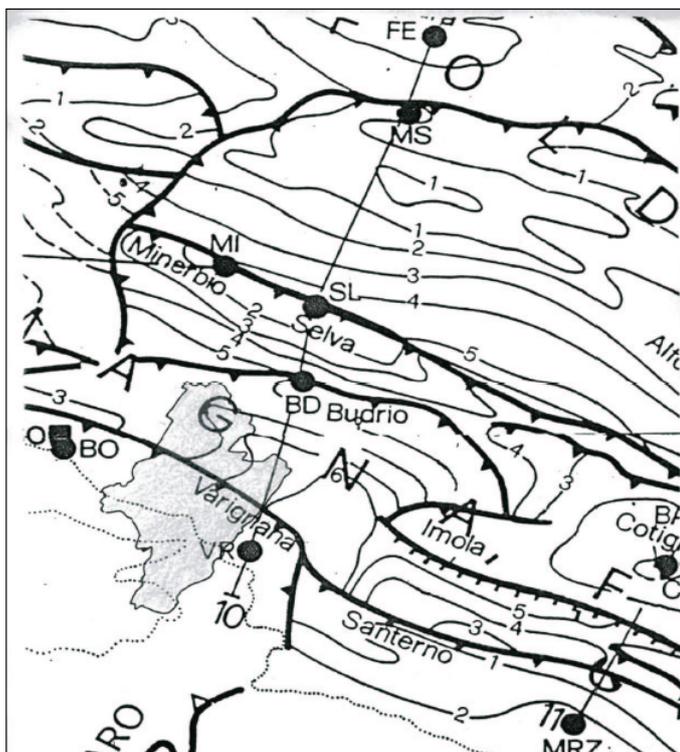


Figura 3: Valle Idice – PSC Valle Idice

In figura 3 è inquadrato il territorio di Valle Idice nel contesto geologico dell'area, dal quale risultano evidenti i rapporti tra catena e pianura, si può notare la presenza di una linea tettonica che scorre nella pianura, subparallela al margine morfologico della collina. Si tratta di una faglia inversa

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

(sovrascorrimento) che disloca la catena e solleva il margine attuale. Questa dislocazione, che costituisce la più interna delle "Pieghie Romagnole", è suturata già nel Pliocene medio superiore a Faenza, mentre al confine orientale dell'Associazione Valle Idice solamente nel Quaternario.

Nel Quaternario medio inferiore, già i primi depositi paralici di margine, in questo quadrante di catena, suturano definitivamente ogni struttura disgiuntiva, ciò è importante anche per comprendere la "storia" sismica dell'area; gli spessori delle facies quaternarie possono superare i 200 metri di profondità, al passaggio verso la pianura.

In questo settore di Appennino, è scomponibile in tre ampie zone, dalla pianura verso l'interno della catena:

1) margine appenninico costituito da una struttura monoclinica in cui le formazioni più recenti hanno disposizione parallela all'asse geografico della catena ed immergono verso la pianura. La disposizione geometrica delle Formazioni geologiche è localmente complicata dalla presenza di diverse linee tettoniche, che dislocano variamente il margine, ed a volte elidono intere unità;

2) immediatamente più a sud successioni epiliguri e formazioni del dominio ligure variamente tettonizzate costituiscono la porzione terminale verso est del fianco settentrionale della grande sinforme pliocenica;

3) ancora più a sud, nel territorio del Comune di Ozzano, è presente la terminazione orientale ed una piccola parte del fianco meridionale della sinforme pliocenica, disposta tra la valle del Lavino e quella dell'Idice, che segna il passaggio dalla collina alla prima montagna appenninica.

La pianura, cela le strutture geologiche della futura catena appenninica. Dunque non vi è discontinuità strutturale tra pianura e appennino. Per la pianura però le unità geologiche marine fortemente sovraconsolidate sono sepolte sotto i depositi continentali alluvionali.

L'evoluzione della pianura olocenica è riconducibile ad un modello semplice, almeno nelle linee generali. I corsi d'acqua appenninici, a valle delle conoidi pedemontane, poco attive durante l'Olocene (ultimi 15.000 anni), oggi prevalentemente in erosione, tendono a proseguire verso il collettore principale su alvei pensili, formati da sedimenti che il corso d'acqua non è più in grado di portare in carico. Nel caso di rotte e tracimazioni, in natura frequente, le acque invadono la pianura circostante

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

depositando dapprima i sedimenti più grossolani nelle vicinanze dell'alveo, più lontano i sedimenti più fini (limi sabbiosi e limi) e nelle conche morfologiche, ove le acque possono rimanere a lungo e decantare, si depositano limi argillosi ed anche argille.

A seconda delle condizioni di drenaggio locale le acque possono permanere per tempi più o meno lunghi nelle aree esondate, fino a formare paludi e laghi permanenti, presupposto alla formazione di potenti depositi di argille di decantazione e torbe.

La pianura alluvionale avviene perciò sia orizzontalmente, con il giustapporsi di successivi corpi d'alveo, sia verticalmente a causa dei continui cicli di riempimento dei bacini di esondazione. Un immaginario profilo verticale della pianura risulterebbe dunque costituito da un intrecciarsi di lenti sabbiose corrispondenti a corpi d'alveo sepolti (argini naturali) e da sedimenti a tessitura fine, determinati dai riempimenti dei bacini interfluviali di esondazione.

La distribuzione delle litologie di superficie e del primo sottosuolo, così come l'assetto morfologico della pianura, sono quindi strettamente condizionati dai processi geostrutturali profondi (attività delle pieghe romagnole) e di sedimentazione e alla loro disposizione nel tempo. Nella media pianura bolognese, la divagazione degli alvei verso oriente e, in parte, verso nord, la presenza di vaste aree occupate da zone di espansione dei corsi d'acqua superficiali (paludi, acquitrini stagionali) sono dovute alle difficoltà di drenaggio connesse all'evoluzione geostrutturale profonda dell'alto ferrarese ed alla presenza dei rilievi costituiti dai depositi sabbiosi (argini naturali) dei maggiori fiumi: Reno e Po di Primaro.

L'alta pianura, ed in particolare l'ampia area compresa tra il Reno e l'Idice, solcata da numerosi alvei minori, costituisce l'ambito in cui si attua anche l'inversione delle direzioni tendenziali delle divagazioni d'alveo (verso nordovest). La storia evolutiva di questi piccoli alvei non pare però risentire dei medesimi condizionamenti strutturali. Nel bolognese, i corsi d'acqua che trovano origine negli elementi idrografici pedecollinari, hanno decorso condizionato più dai corpi alluvionali depositati dai fiumi maggiori (Reno e Idice - Savena), che da elementi strutturali.

Forse solamente il Savena pare seguire il decorso verso occidente in una fase della sua evoluzione medioevale, ma gli elementi di conoscenza sono troppo scarsi per poter fare affermazioni certe. In tutti i casi la tendenza ad una permanenza così prolungata dell'Idice nel suo alveo preromano (o se si

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

preferisce il suo mancato spostamento verso occidente) permette presumibilmente la conservazione della "centuriazione romana" nei comuni della pianura orientale bolognese. Ecco che allora cause delle divagazioni o delle permanenze degli alvei trovano prove e motivazioni anche nei segni territoriali archeologici ancora ben riconoscibili nel nostro quadrante di pianura.

Per il territorio in esame, nell'ampia zona di apice del conoide e nel fondovalle dei principali corsi d'acqua (T. Idice e T. Savena) sono rappresentati depositi alluvionali Quaternari con discreta componente ghiaiosa e ghiaioso sabbiosa. In particolare la giunzione con la pianura è assicurata dall'ampiezza del conoide Idice – Savena, la cui storia deposizionale (almeno degli ultimi 4 – 6.000 anni) traspare appena dal numero e complessità degli ordini di terrazzi ancora riconoscibili allo sbocco delle valli.

3.2 GEOMORFOLOGIA

La Valle dell'Idice si sviluppa alle spalle di Bologna, in territorio collinare, inciso dall'omonimo torrente. Le arenarie, le marne, le argille scagliose e le rocce ofioliti, raccontano i costanti e lentimovimenti orogenetici che hanno creato e trasformato l'ambiente delle colline bolognesi. Il Contrafforte Pliocenico con la rupe del Monte delle Formiche e le pareti dorate di Pizzano sono testimoni di un antico mare che ricopriva la pianura padana formando un golfo dove il fiume Idice scaricava sabbie e ghiaie. Questi materiali si sono sedimentati e trasformati con la forza delle spinte tettoniche fino ad alzarsi rispetto al livello del mare dove anticamente si erano depositati. L'erosione di queste rocce friabili, ha poi messo in luce queste pareti di arenarie e altre caratteristiche formazioni come i Cattelloni di Pizzano, un insieme di torri e pinnacoli formati da sabbia e fossili marini, in continua trasformazione.

3.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO AREA IN OGGETTO

L'area oggetto di studio è cartografata all'interno del Foglio Geologico n. 221 "Bologna" della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:50.000 (Boni et al., 1970) e le relative note illustrative (Fig.4).

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

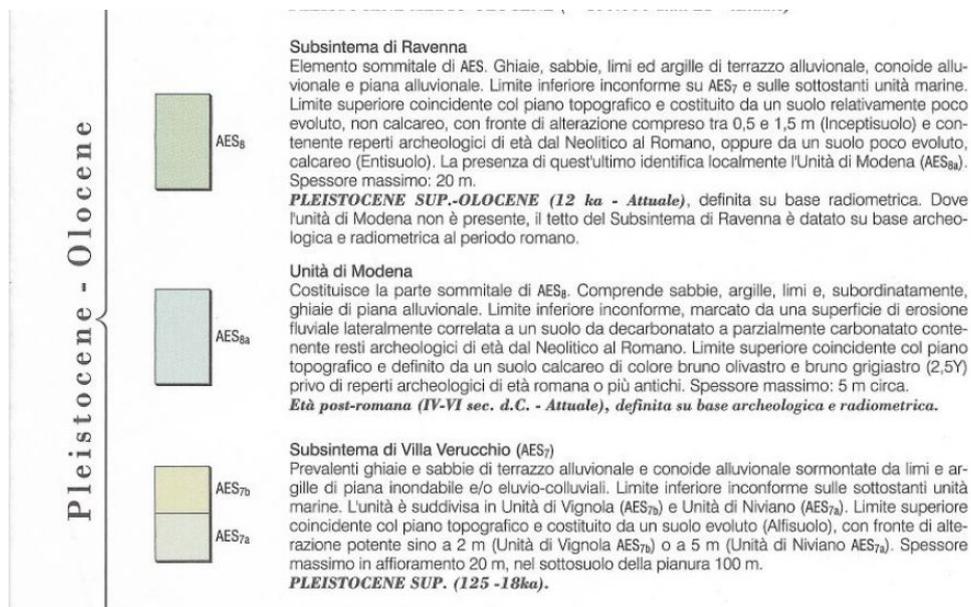
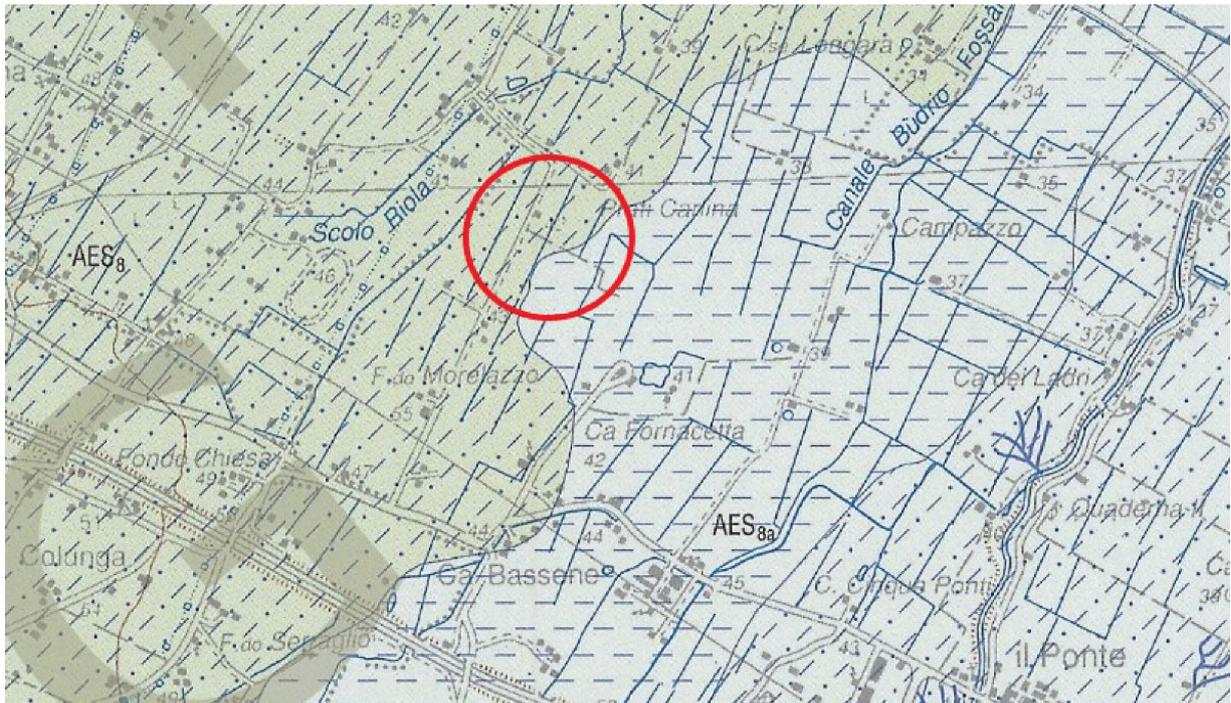


Figura 4: Stralcio carta geologica – scala 1:50.000 – Ispra

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
 (territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

In base alle caratteristiche riscontrate sulla Carta Geologica d'Italia 1:50.000 si ritiene che i terreni nell'area di progetto siano ascrivibili al Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES).

Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES)

Il Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) costituisce la porzione superiore del Supersistema Emiliano-Romagnolo e comprende la totalità dei depositi continentali affioranti e lo spessore di AES varia da pochi metri al margine appenninico fino a un massimo di 330 metri nel sottosuolo, in corrispondenza della zona depocentrale.

Nelle porzioni intravallive e di margine appenninico, l'unità è costituita da depositi terrazzati di piana alluvionale intravalliva che appoggiano in discordanza su depositi marini più antichi. Si tratta di ghiaie e sabbie di canale fluviale passanti ad alternanze di argille, limi e sabbie di piana inondabile variamente pedogenizzati.

Questo Sistema è suddiviso in alcune unità stratigrafiche di rango inferiore (subsistemi), riconosciute nelle porzioni intravallive e lungo il margine appenninico emiliano-romagnolo.

Nell'area del Foglio di Bologna sono identificati 4 subsistemi (AES5, AES6, AES7 e AES8); AES5, AES6 ed AES7 affiorano unicamente nel settore intravallivo e allo sbocco dei torrenti appenninici in pianura, mentre AES8 affiora in tutta l'area di pianura.

Nei settori di margine appenninico compresi tra aste fluviali contigue la distinzione di AES in subsistemi non è facilmente eseguibile. Per questo motivo, nei settori di interfluvio si è provveduto a una generica attribuzione dei depositi ad AES, caratterizzata da limi sabbiosi o sabbie limose, con rari livelli più grossolani; le ghiaie, quando presenti, sono fini.

Dal punto di vista morfologico questi depositi sono caratterizzati da una pendenza che tende ad aumentare dalla pianura verso monte. Questo aumento di pendenza non è tuttavia continuo, ma si manifesta attraverso deboli scarpate che fungono da raccordo tra porzioni più pianeggianti. Queste scarpate sono chiaramente connesse con l'evoluzione del reticolo idrografico secondario; per quel che

10

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

riguarda la loro natura, è possibile che esse riflettano fasi successive del sollevamento del margine appenninico.

L'età della base di AES è attribuita al Pleistocene medio.

- Subsistema di Ravenna (AES8)

È l'elemento sommitale del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore e comprende la maggior parte dei depositi quaternari affioranti. Nei settori intravallivi e allo sbocco delle valli appenniniche il Subsistema di Ravenna è costituito da depositi di terrazzo alluvionale. I singoli ordini di terrazzo sono separati da scarpate di pochi metri. I depositi di terrazzo sono generalmente costituiti da circa due metri di ghiaie, sovrastati da una copertura limoso-sabbiosa il cui profilo di alterazione pedogenetica può raggiungere circa un metro di spessore. In posizione più distale rispetto allo sbocco delle valli appenniniche, AES8 affiora estesamente e la sua parte sommitale è costituita da depositi sabbioso-limosi di canale, argine e rotta fluviale, organizzati in corpi sedimentari di spessore plurimetrico a geometria prevalentemente nastriforme. Questi fanno transizione laterale a sedimenti prevalentemente argillosi e subordinatamente limosi e sabbiosi di piana inondabile (bacino interfluviale). I corpi ghiaiosi sono rari. Il tetto di AES8, che coincide col piano topografico, presenta suoli a diverso grado di evoluzione, con orizzonte superiore da calcareo (Entisuoli) a non calcareo (Inceptisuoli). I suoli calcarei appartengono ad un'unità (Unità di Modena AES8a) di rango inferiore a quello del subsistema e corrispondente alla parte sommitale del Subsistema di Ravenna.

- Unità di Modena (AES8a)

È costituita da sabbie, limi e argille (con ghiaie molto subordinate) di pianura alluvionale; trattandosi di depositi molto recenti è caratteristica la preservazione delle morfologie deposizionali originarie. Il limite inferiore di AES8a, datato al periodo post-romano, è definito al margine appenninico da una scarpata di terrazzo fluviale. In pianura corrisponde alla superficie di appoggio di depositi alluvionali al di sopra del suolo sviluppatosi in epoca romana. Il limite superiore dell'unità coincide col piano topografico

A differenza dell'area tipo, dove il limite basale di AES8 è marcato da un netto contrasto di facies tra depositi alluvionali di età pleistocenica e sovrastanti depositi di ambiente paralico e marino-marginale riconducibili all'ultimo ciclo trasgressivo-regressivo di età olocenica, nel settore bolognese la base di AES8 è localizzata all'interno di depositi alluvionali ed è per questo meno facilmente riconoscibile di quanto non avvenga per i settori di piana costiera. Considerato il possibile utilizzo, in qualità di ottimo marker stratigrafico, dei corpi ghiaioso-sabbiosi ad elevata estensione laterale situati nella porzione sommitale di AES7, in assenza di correlazione fisica con le aree costiere, la base di AES8 viene convenzionalmente posizionata al tetto di tali corpi. La parte inferiore di AES8 si contraddistingue per la presenza di un orizzonte di argille organiche e torbe di ambiente palustre, di colore grigio e localmente nerastro, spesso 2-4 m e caratterizzato da una elevata persistenza laterale. Questo orizzonte, che tende a chiudere a cuneo verso il margine appenninico e ad aumentare di spessore verso la pianura, è localizzato stratigraficamente pochi metri al di sopra dei corpi ghiaioso-sabbiosi al tetto di AES7.

Al di sopra dei depositi palustri, AES8 è dominato da limi, sabbie e argille di piana alluvionale (le singole associazioni di facies di canale, argine, rotta fluviale e piana inondabile sono cartografabili in superficie, ma difficilmente tracciabili in sottosuolo).

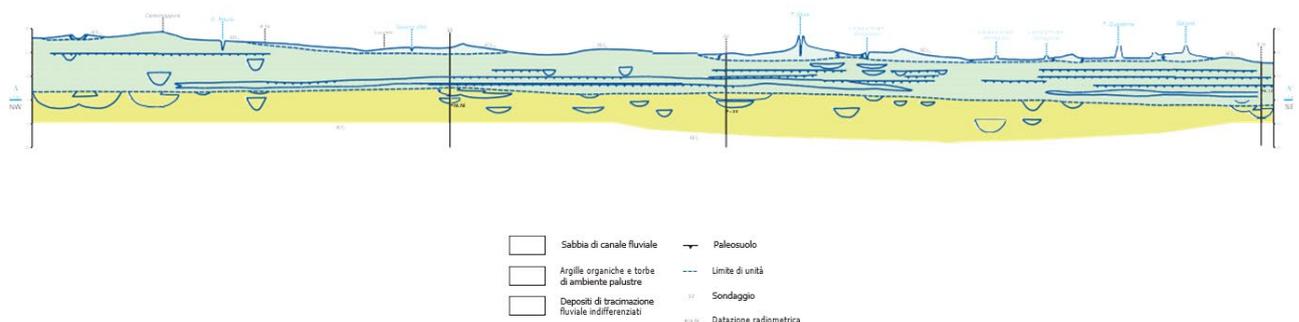


Figura 5: Schema dei rapporti stratigrafici carta geologica 1:100.000 Ispra

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

3.4 TETTONICA

La formazione della pianura bolognese, nella quale è situato il territorio in esame, è legata all'evoluzione tettonica-sedimentaria del bacino padano.

Nel sottosuolo padano sono state rilevate strutture profonde, sviluppatasi in un lasso di tempo compreso tra il Miocene superiore ed il Pleistocene, geneticamente connesse alla tettonica di embricazione che ha caratterizzato l'evoluzione strutturale dell'Appennino. I fronti dei sovrascorrimenti sepolti, che interessano le stesse unità litologiche per lo più di origine marina che è possibile osservare in affioramento nel margine collinare, sono marcati da pronunciate pieghe anticlinali asimmetriche, vergenti a nord-norddest, con asse orientato mediamente nordovest-sudest, fra le quali si segnalano le pieghe della cosiddetta Dorsale Ferrarese.

Inoltre, troviamo un importante sistema di faglie che esplica tuttora la sua attività a carattere compressivo, noto in letteratura come "sovrascorrimento pedeappenninico": esso costituisce l'elemento morfostrutturale di separazione tra la fascia collinare in sollevamento e l'antistante pianura interessata dalla subsidenza. Il significato cinematico attribuito a tale lineamento concorda con il generale sovrascorrimento degli elementi appenninici al di sopra di quelli padani summenzionati. La pianura bolognese è quindi compresa tra il sistema tettonico del "sovrascorrimento pedeappenninico" ed il fianco meridionale delle pieghe della Dorsale Ferrarese.

Il colmamento del bacino bolognese si è realizzato principalmente in seguito all'attività sedimentaria dei corsi d'acqua appenninici: procedendo dal basso verso l'alto si rinvennero dapprima sedimenti di origine marina, successivamente sedimenti transizionali (lagunari e costieri) ed infine depositi di origine francamente continentale che costituiscono le alluvioni quaternarie. Le variazioni di spessore e dei caratteri deposizionali, registrate dalla successione litostratigrafica, sono riconducibili a fenomeni tettonici e glacio-eustatici che hanno controllato la sedimentazione all'interno del bacino e hanno condizionato la potenzialità deposizionale dei vari corsi d'acqua. Il riempimento del bacino marino ed il successivo passaggio alla sedimentazione continentale non si sono verificati in maniera continua e progressiva, ma sono stati il risultato di eventi tettonico-sedimentari parossistici, separati nel tempo da periodi di forte subsidenza bacinale e movimenti ridotti delle strutture compressive.

13

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO - IDROMORFOLOGICO

Il reticolo idrografico per la porzione appenninica del territorio provinciale bolognese è costituito da corsi d'acqua che scorrono fino alla fascia pedecollinare con direzione antiappenninica e restando per lo più sub-paralleli tra loro. Il regime dei corsi d'acqua appenninici bolognesi è tipicamente torrentizio con portate massime nei periodi tardo-autunnali, invernali e inizio-primaverili di gran lunga superiori rispetto a quelle dei mesi estivi.

L'alimentazione del reticolo è prevalentemente meteorico pluviale e subordinatamente regolato dalle coltri nevose. La natura prevalentemente impermeabile dei terreni determina nel complesso un equilibrio tra il regime dei deflussi e quello degli afflussi, anche se con caratteristiche peculiari.

I principali bacini idrografici presenti nel territorio provinciale sono:

- Reno
- Samoggia
- Idice
- Sillaro
- Santerno

L'area oggetto di studio è ubicata tra il Torrente Quaderna che lambisce il comune di Ozzano dell'Emilia con un bacino complessivo di 160 km² e il bacino montano del Torrente Idice, con una superficie di circa 212 Km², che confluisce nel Fiume Reno. Tale area non ricade nella zona di protezione delle acque sotterranee (Fig.6).

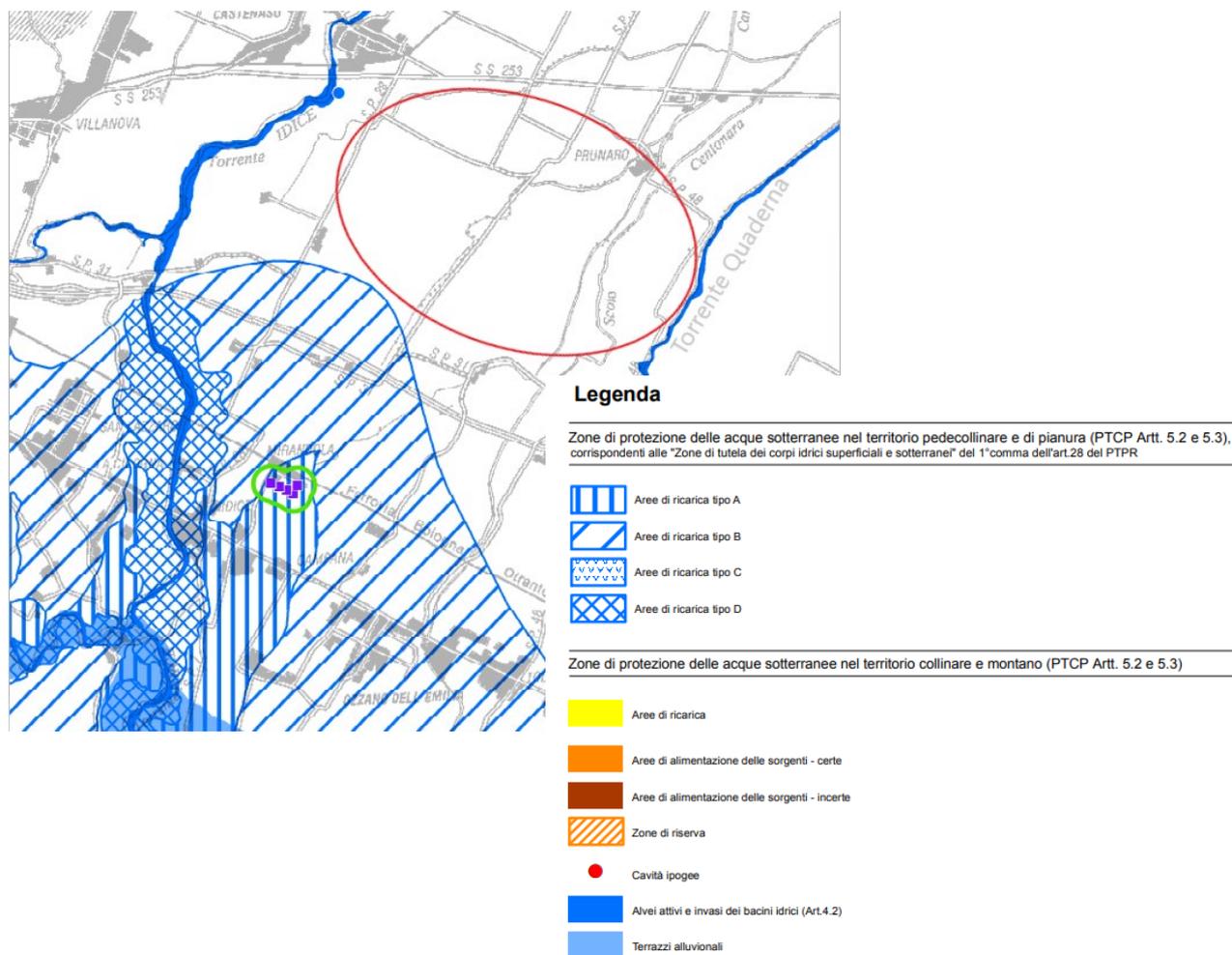


Figura 6: Carta tutela acque superficiali e sotterranee 1:50.000 - PTCP

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
 (territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

Dal 1976 la Regione Emilia Romagna ha istituito una rete di controllo del livello dinamico delle falde profonde. Vengono ormai da molti decenni raccolti non solamente dati di livello, ma anche informazioni sulla qualità chimica delle acque profonde. Nell'alta e media pianura padana, non vi è una rigida compartimentazione degli acquiferi profondi.

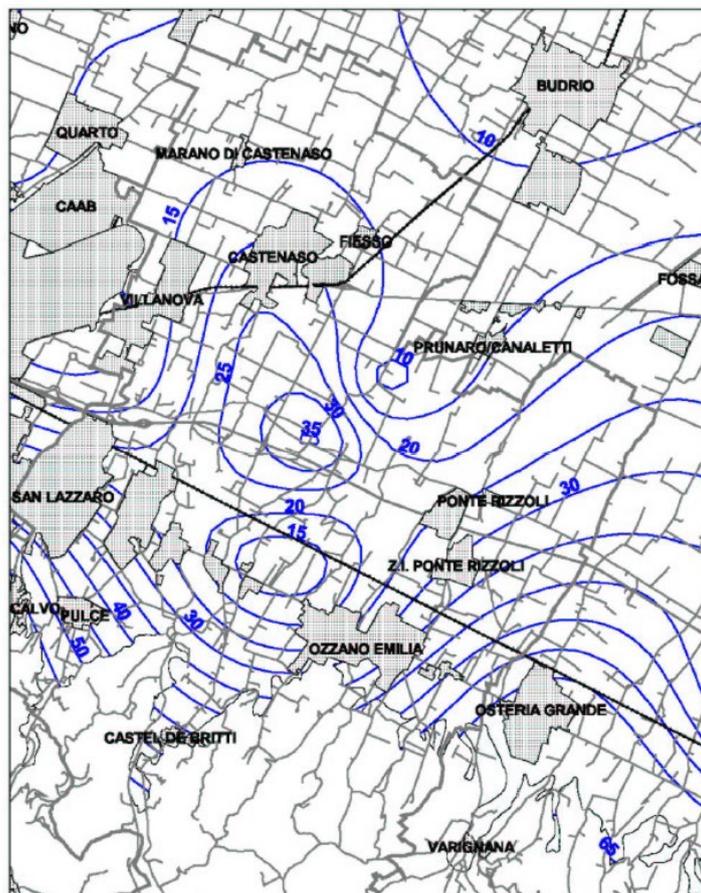


Figura 7: Isopieze del quadrante orientale della pianura bolognese – Arpae

La Figura 7 riporta le isopieze ricavate dalla media tra le quattro misure annue relative al 1996 dei punti di controllo regionali per la Provincia di Bologna. La situazione evolutiva regionale vede una sostanziale stabilità dei livelli dinamici tra il 1994 ed il 1999-2000. Si nota il cono di depressione tra Ozzano e S.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

Lazzaro con quota dinamica di 15 metri slm, ma il disturbo provocato sulla geometria piezometrica è molto più vasto: l'isolinea dei 15 metri che scorreva a Quarto, a nord di Castenaso, presenta qui un grande golfo in corrispondenza di Prunaio; l'isopiezza dei 30 metri subisce una distorsione verso sud tale da essere ormai parte della configurazione idrogeologica del conoide Idice. La configurazione geometrica del livello dinamico riportata in figura 6 rimane, in sostanza simile (a parte lievi recuperi di quota) almeno per i primi anni 2000, e costituisce la base di comprensione dell'evoluzione dinamica recente della geometria del tetto piezometrico dell'insieme delle falde profonde nell'alta pianura ad oriente di Bologna.

La figura 8 illustra, per lo stesso anno (1996), la soggiacenza media calcolata sui medesimi punti di controllo, le quote riportate nella figura sono relative al piano di campagna del punto di controllo stesso. Questa figura mostra con maggiore evidenza la distorsione della geometria del tetto piezometrico delle falde salienti, in particolare è qui indicata anche la localizzazione del campo di sollevamento di Mirandola. Che è immediatamente a settentrione della quota di maggiore soggiacenza (-45 metri), tra Ozzano e S. Lazzaro. L'andamento circa ovest nordovest – est sudest delle conche di soggiacenza conferma che il limite meridionale del sistema di sovra emungimento degli acquiferi porosi è costituito dal limite geologico e litologico delle formazioni sovraconsolidate del pedecollina. Verso settentrione il campo di moto è deformato in profondità e per una fascia territoriale ampia oltre 10 km.

La distribuzione geografica delle aree di depressurizzazione delle falde profonde del bolognese e dell'alta pianura dell'Idice conferma ampiamente i dati idrogeologici relativi al freatico raccolti, ed in particolare la sua conclusione: l'abbassamento del freatico dell'alta pianura fino alla sua completa scomparsa in determinate aree, è correlato agli eccessivi prelievi dalle falde profonde. Già dal 1995 stato evidenziato il rapporto tra eccesso di sollevato dalle falde salienti e suoi effetti sul freatico, nell'alta pianura bolognese. Anche il decadimento della qualità delle acque sollevate, verificatosi in questi ultimi 10 anni, costituisce una prova non equivocabile del richiamo in profondità delle acque freatiche e delle falde più superficiali.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

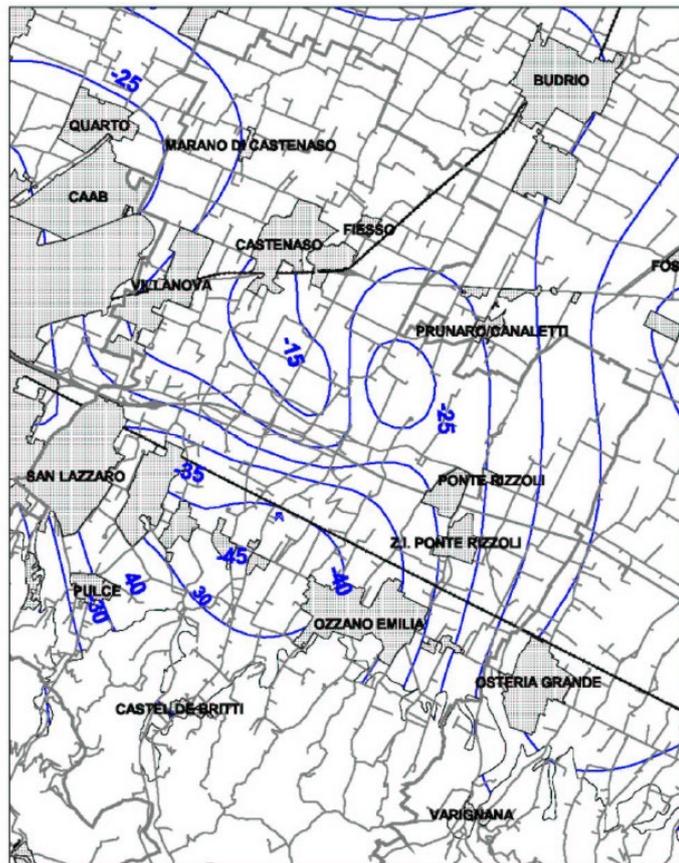


Figura 8: Soggiacenza del quadrante orientale della pianura bolognese – Arpae

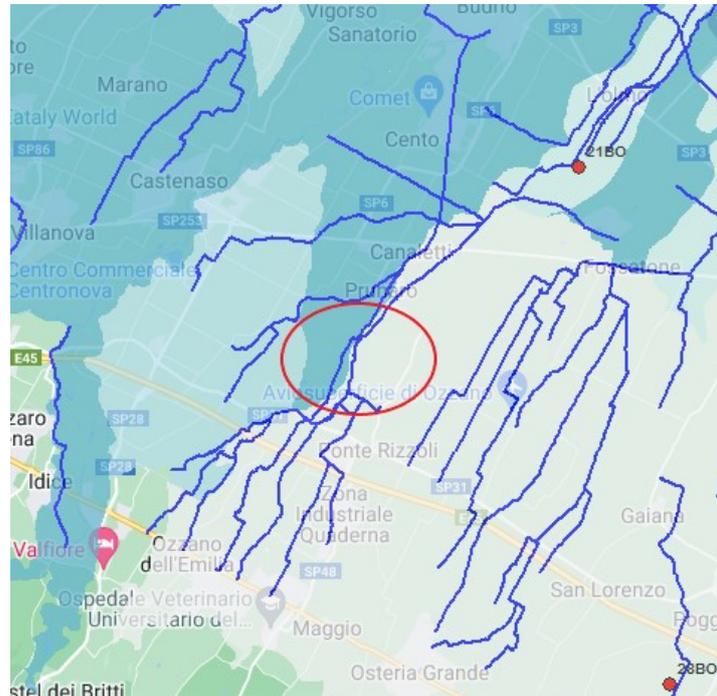
I Comuni della Valle Idice subiscono direttamente gli effetti del prelievo operato dal centro di sollevamento di Mirandola, che interessa le sabbie del conoide Idice-Zena. L'ampiezza dell'area superficiale interessata da questo processo di depressurizzazione delle falde profonde occupa ormai tutto il pedecollina tra Bologna est e Ozzano.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

Nella figura 9 vediamo la falda ipodermica rilevati a fine Giugno 2023 nelle stazioni 21BO e 38BO vicine all'area in esame.



SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Appllisas>

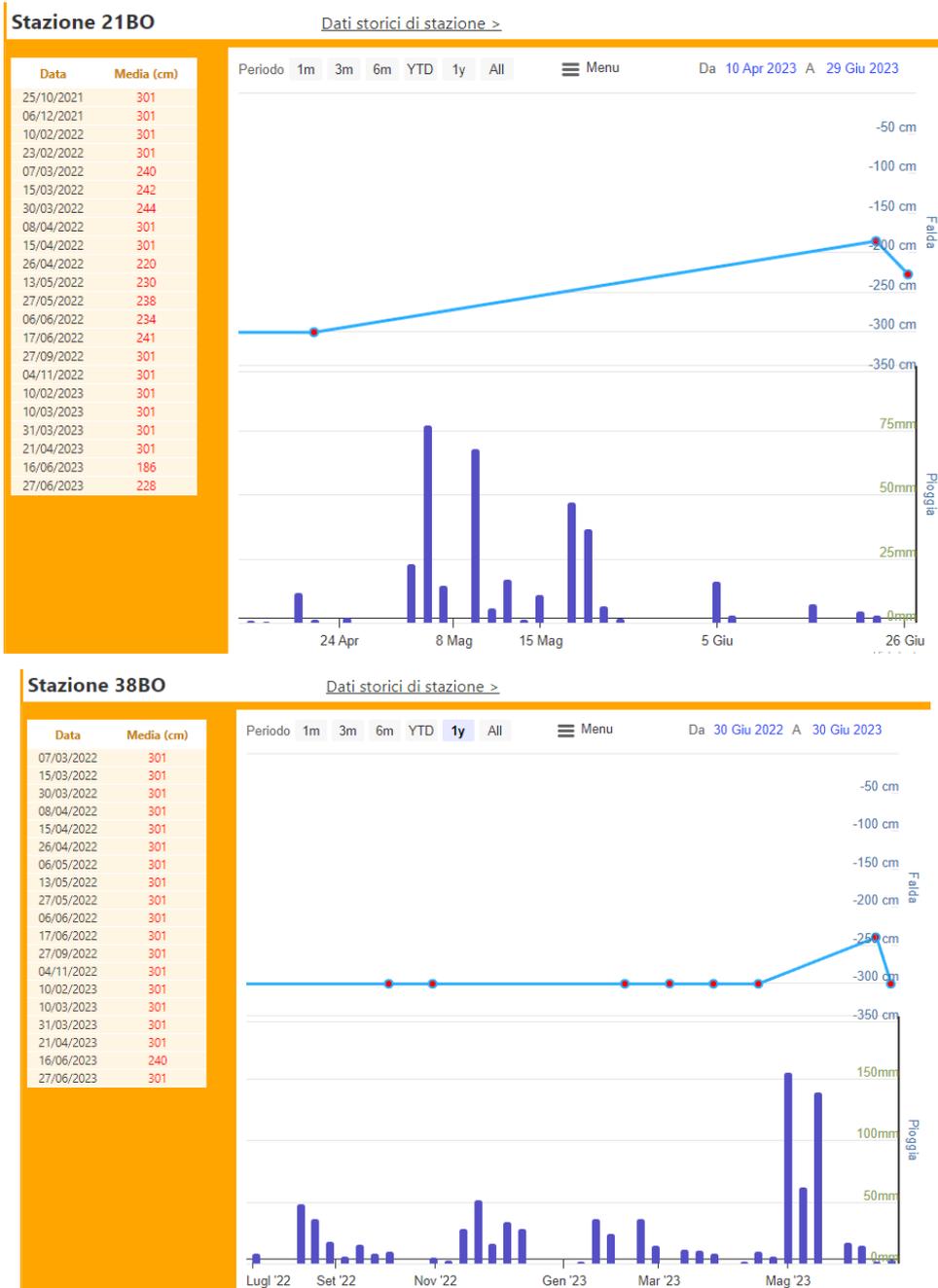


Figura 9: Falda superficiale – Arpae

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
 (territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Appllisas>

5.VINCOLISTICA

Nel rispetto del regolamento in materia ambientale, è stata eseguita una ricerca di tipo normativo sulla potenziale presenza di vincoli nell'area di interesse. Tale analisi è stata realizzata sia mediante una valutazione di tipo legislativo in senso stretto, sia attraverso la consultazione di mappe tematiche tramite web-SIT pubblicate da parte degli organi competenti in materia di tutela del territorio.

Con riferimento agli aspetti vincolistici legati alla pericolosità idraulica, si è fatto riferimento a quanto stabilito dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Emilia Romagna.

L'area oggetto di studio non ricade in nessun vincolo idrogeologico.

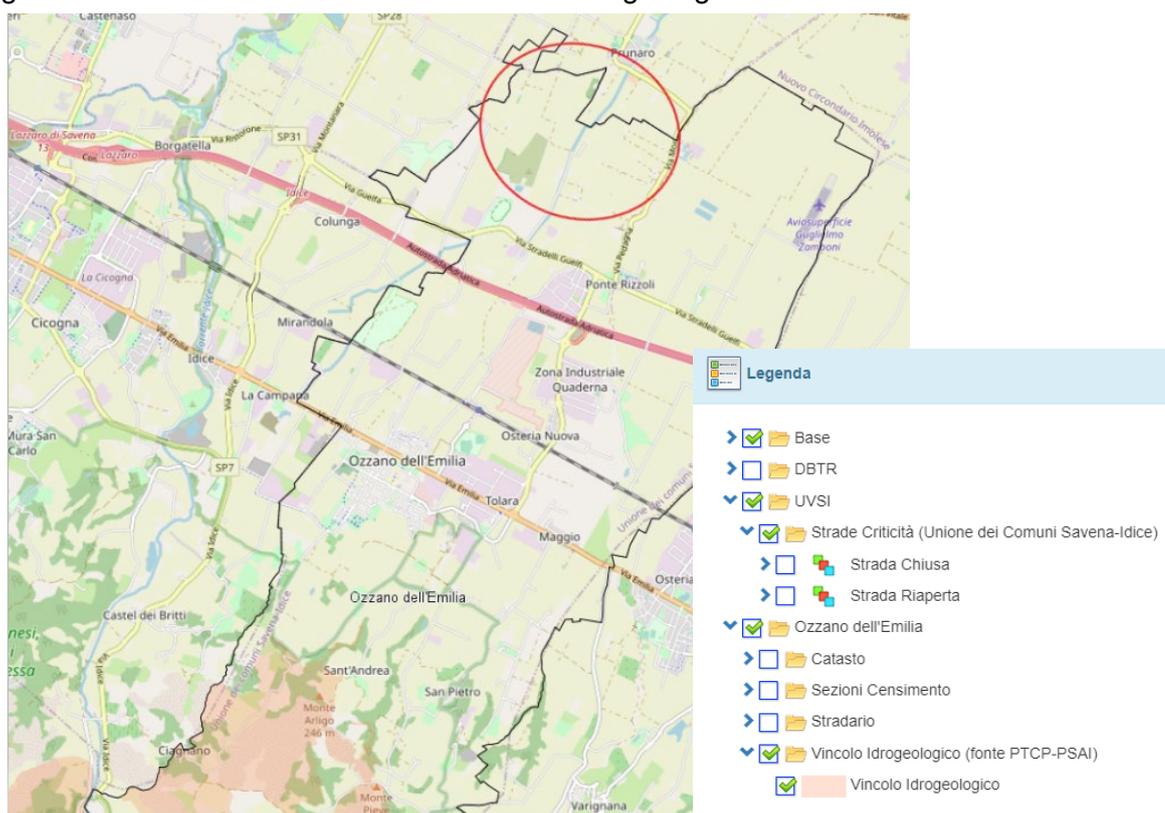


Figura 10: Stralcio Vincolo Idrogeologico – scala 1:50.000 - WebSit

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>

6.INDAGINE GEOGNOSTICA

L'indagine geognostica di campagna è consistita in:

- n. 2 prove penetrometriche dinamiche con penetrometro TG 30 - 20 Pagani
- n. 2 indagini geofisiche con metodologia MASW

Le prove sono state eseguite allo scopo di individuare un profilo geotecnico più profondo possibile e preciso dei terreni del lotto interessato.

6.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

La prova penetrometrica dinamica consiste sostanzialmente nell'infissione nel terreno di una punta conica situata all'estremità di una batteria di aste, energizzata facendo cadere da un'altezza costante un maglio di peso standard. La misurazione del numero di colpi necessario all'avanzamento del sistema di aste di 10 cm, inserita in un programma di calcolo dedicato, fornisce uno degli elementi fondamentali per una corretta interpretazione geotecnica del sottosuolo.

Le prove vengono normalmente fino all'eventuale rifiuto (N spt maggiore di 35 colpi). In occasione di ogni prova viene verificato il livello di eventuali falde freatiche mediante freatimetro e/o misura diretta sulle aste di perforazione.

Nella tabella di seguito, viene riassunta la profondità massima raggiunta durante le prove:

N° prova	Profondità max da p.c. (m)	Profondità falda da p.c. (m)
P1	6.70	-3.70
P2	6.50	-3.70



Figura 11: Escuzione prova penetrometrica P1

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Appllisas>

6.3 INDAGINE MASW

Sono state eseguite n.2 indagini geofisiche MASW finalizzate:

- alla misura diretta della velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} e della relativa classificazione della categoria sismica di appartenenza dei terreni del sottosuolo;
- all'acquisizione di dati che contribuissero ad indagare sull'eventuale presenza di cavità sotterranee che fornissero maggiori informazioni sull'uniformità areale dei depositi presenti in situ.

Come detto nel precedente paragrafo, per la definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessaria una valutazione, oltre che dei parametri relativi alla "Pericolosità Sismica di Base", anche degli effetti della "Risposta Sismica Locale", che dipendono, essenzialmente, dalle caratteristiche litostratigrafiche o morfologiche del sito. Queste ultime, infatti, risultano esercitare una diretta influenza sulla propagazione e sull'eventuale amplificazione delle onde sismiche nel sottosuolo. Secondo le procedure prescritte dalla normativa vigente tali effetti sono valutabili, con buona approssimazione, mediante l'individuazione della categoria di sottosuolo e della categoria topografica in cui ricade il sito di interesse.

Da dette categorie deriva poi la definizione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, "SS" e "ST", stabiliti dalle stesse norme, che concorrono nella ricostruzione degli spettri di risposta elastici tipici del sito.

L'indagine MASW si svolge in tre fasi: acquisizione delle onde superficiali (ground roll), costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

Le prove MASW sono indispensabili per ricavare direttamente il parametro V_{seq} , richiesto dalla nuova normativa sismica, in maniera semplice e decisamente affidabile. Tramite questa prova vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a

24

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore $h(strato)$ e dalla velocità delle onde S $V_s(strato)$.

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

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ 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.

Le onde di superficie sono state generate con una mazza battente (sorgente sismica) da due punti di energizzazione e sono state registrate con 12 geofoni lungo uno stendimento di lunghezza di 48 m.

Il modello sismico monodimensionale (V_s -profondità) che si è ricavato costituisce l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche sulla pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).

Le prove sono state condotte utilizzando per ciascuna 12 canali di acquisizione lungo uno stendimento di 44 m con distanza di energizzazione pari a 6 m.

I risultati delle indagini MASW sono riportati per esteso nei pertinenti allegati.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>



Figura 12: Stendimento sismico per indagine MASW1

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La classificazione sismica del territorio nazionale e le normative tecniche per le costruzioni in zona sismica sono regolate dalle norme contenute nella O.P.C.M. n. 3274/2003 del 23.03.2003, pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 Maggio 2003.

In tale quadro il comune di Ozzano dell'Emilia ricade in zona sismica 2:

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . È la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche è la pericolosità sismica di base" del sito. La sismicità di base del sito è definibile in funzione del valore assunto dall'accelerazione massima attesa a_g su suolo rigido con superficie topografica orizzontale per eventi con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Ai fini delle Nuove

27

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

Norme Tecniche (NTC) le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido

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

T_{c^*} = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Sulla base dei dati direttamente acquisiti in campagna tramite indagine geofisica con metodologia MASW il sito in esame ricade, per riscontro diretto, nella categoria di sottosuolo B, secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2018, con caratteristiche di superficie topografica T1, secondo la tab. 3.2.IV delle NTC 2018.

MASW1: $V_s = 738$ m/s

MASW2: $V_s = 678$ m/s

Tuttavia, in sede di redazione del PSC comunale, sono state eseguite n. 22 prove tomografiche, la cui stratigrafia, in termini di velocità delle onde di taglio, è consultabile negli allegati del documento di cui sopra, le quali hanno riportato, per il territorio comunale di Ozzano, mediamente, una categoria di sottosuolo C. Risulta quindi maggiormente cautelativo e consigliato assegnare la categoria più sfavorevole, ovvero la C.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
 (territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

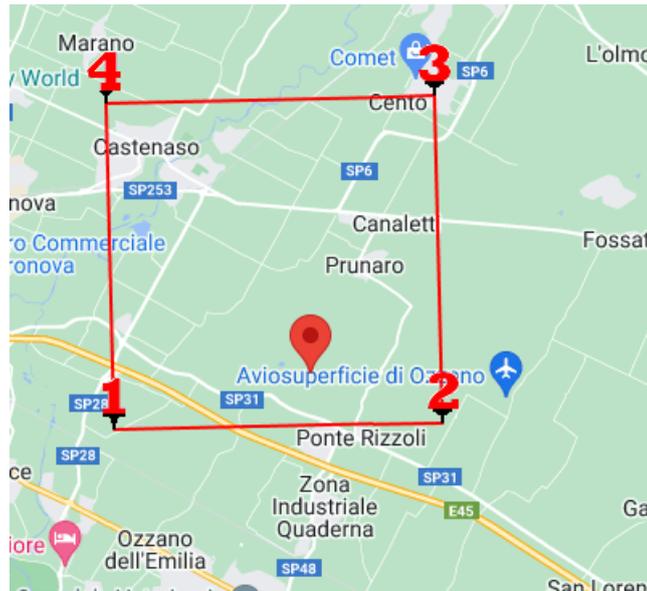
Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Appllisas>

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{eg}}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
 C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{eg}}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{eg}}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{eg}}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

La V_n (Vita nominale) attesa da uneventuale edificio: $V_n = 50$ anni (informazione standard di Legge in assenza altre indicazioni). I dati sono stati processati con il software Geostru dedicato per la determinazione dei parametri sismici corretti. Vengono di seguito riportati i valori calcolati.



Stati limite

 Classe Edificio

IV. Funzioni pubbliche o strategiche importanti...

 Vita Nominale 100

 Interpolazione Media ponderata

CU = 2

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	120	0.103	2.439	0.284
Danno (SLD)	201	0.129	2.393	0.290
Salvaguardia vita (SLV)	1898	0.280	2.440	0.325
Prevenzione collasso (SLC)	2475	0.304	2.453	0.329
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	200			

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
 (territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Appllisas>

Coefficienti sismici

 Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni -

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)

 1  0.1

 Cat. Sottosuolo C -

 Cat. Topografica T1 -

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,44	1,36
CC Coeff. funz categoria	1,64	1,62	1,55	1,54
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]  0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.017	0.022	0.064	0.090
kv	0.009	0.011	0.032	0.045
Amax [m/s ²]	0.834	1.059	2.603	3.143
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

8. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Si vuole verificare il comportamento del terreno nei confronti della liquefazione ai sensi delle NTC 2018. Le NTC 2018, infatti, definiscono le condizioni che determinano il fenomeno della liquefazione individuando, nel contempo, anche i criteri che permettono di escludere il fenomeno stesso anche in assenza di verifiche specifiche.

Nel caso in cui i criteri di esclusione non risultino soddisfatti occorrerà procedere con la verifica esplicita ai sensi delle NTC2018. Il metodo utilizzato sarà NCEER (2010) il quale si basa su correlazioni empiriche partendo da prove SPT svolte *in situ*.

La liquefazione rappresenta lo stato raggiunto da terreni sabbiosi sciolti saturi quando perdono la loro resistenza al taglio come conseguenza di un incremento delle pressioni interstiziali. Tali fenomeni possono verificare grandi deformazioni del terreno, comportando danni sia lievi che catastrofici.

Nella redazione del PSA comunale il terreno è stato suddiviso in zone omogenee come riportato nello stralcio di carta riportato in seguito.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

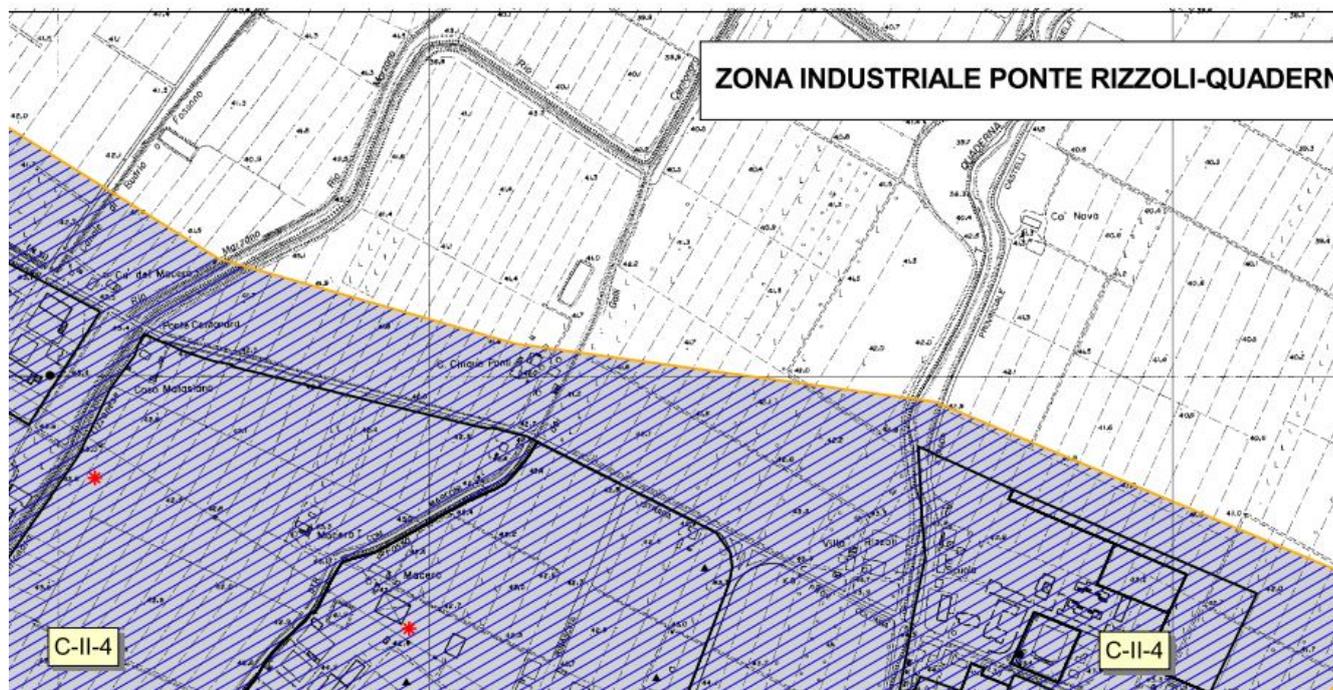


Figura 3 - Cartografia di microzonazione sismica. PSC comunale.

Al fine di meglio comprendere la carta tecnica di cui sopra nella figura seguente è riportata la relativa legenda.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

Legenda	
Microzonizzazione	
C	Categoria di sottosuolo C: $180 < V_{s30} < 360$ m/s
Liquefacibilità sedimenti granulari	
	Sedimenti granulari attualmente insaturi
	Possibilità di liquefazione (spessore e tessitura da controllare)
Fattori di amplificazione F.A. PIANURA 1	
1	$V_{s30} = 300$ - F.A.(PGA) = 1.6 F.A. $0.1 > T_0 < 0.5$ s = 1.8 F.A. $0.5 < T_0 < 1$ s = 2.4
2	$300 < V_{s30} < 350$ - F.A.(PGA) = 1.6 F.A. $0.1 > T_0 < 0.5$ s = 1.8 F.A. $0.5 < T_0 < 1$ s = 2.1
Fattori di amplificazione F.A. PIANURA 2	
3	$250 < V_{s30} < 300$ - F.A.(PGA) = 1.5 F.A. $0.1 > T_0 < 0.5$ s = 1.7 F.A. $0.5 < T_0 < 1$ s = 2.3
4	$V_{s30} = 300$ - F.A.(PGA) = 1.4 F.A. $0.1 > T_0 < 0.5$ s = 1.7 F.A. $0.5 < T_0 < 1$ s = 2.0

Figura 4 - Legenda microzonazione sismica.

L'area in oggetto ricade in categoria di sottosuolo C, liquefacibilità II (possibilità di liquefazione – spessore e tessitura da controllare), caratterizzato dai fattori di amplificazione 4 riportati nella legenda sopra riportata.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

Analisi stratigrafica

Dalle prove effettuate durante la campagna di indagini *in situ*, tramite prove geofisiche di tipo MASW e prove DPSH, è stata acquisita la seguente stratigrafia.

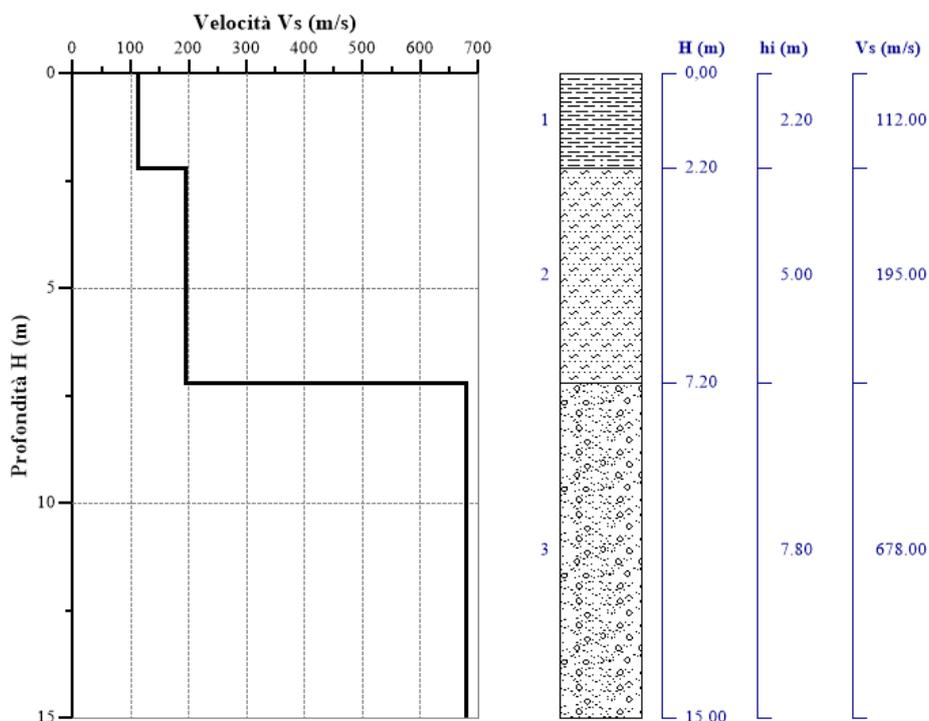


Figura 5 – stratigrafia da indagini MASW e HVSR

Di seguito si riportano i parametri geotecnici degli strati individuati.

n°	profondità m	Nspt colpi	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
			Cu kPa	Ysat t/m²	W %	e -	Mo MPa	Dr %	ø °	E' MPa	Ysat t/m²	Yd t/m²	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 3,50	6	37,24	1,85	37,04	1,00	0,37	---	---	---	---	---	---	---
2	3,50 : 5,80	27	165,62	2,10	20,20	0,55	0,85	61	35	4,07	2,03	1,66	3,59	---
3	5,80 : 6,50	64	---	---	---	---	---	90	43	6,99	2,18	1,90	6,81	---

Soggiacenza della falda

Durenate l'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche è stata rilevata alla profondità di -3.7 m dal piano campagna.

Accelerazione massima al suolo

Per la valutazione dell'accelerazione massima al suolo, ulteriore criterio di potenziale esclusione del fenomeno della liquefazione ai sensi delle NTC 2018 è stato fatto riferimento ai dati relativi alla maglia di punti indicati nell' *Allegato B* alle norme tecniche per le costruzioni: *tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica*.

I valori accelerazione massima al suolo sono ottenuti moltiplicando i valori di a_g relativi al tempo di ritorno di 475 anni (rappresentativi dello stato limite ultimo di "salvaguardia della vita" per le tipologie di costruzione più diffuse) per i fattori di amplificazione relativi.

In questo modo è stato possibile, sulla base delle informazioni disponibili, definire per l'intero territorio comunale le aree in cui i valori di accelerazione massima attesa al suolo superano il valore soglia di 0,1 g definito come criterio di esclusione dalle NTC 2018.

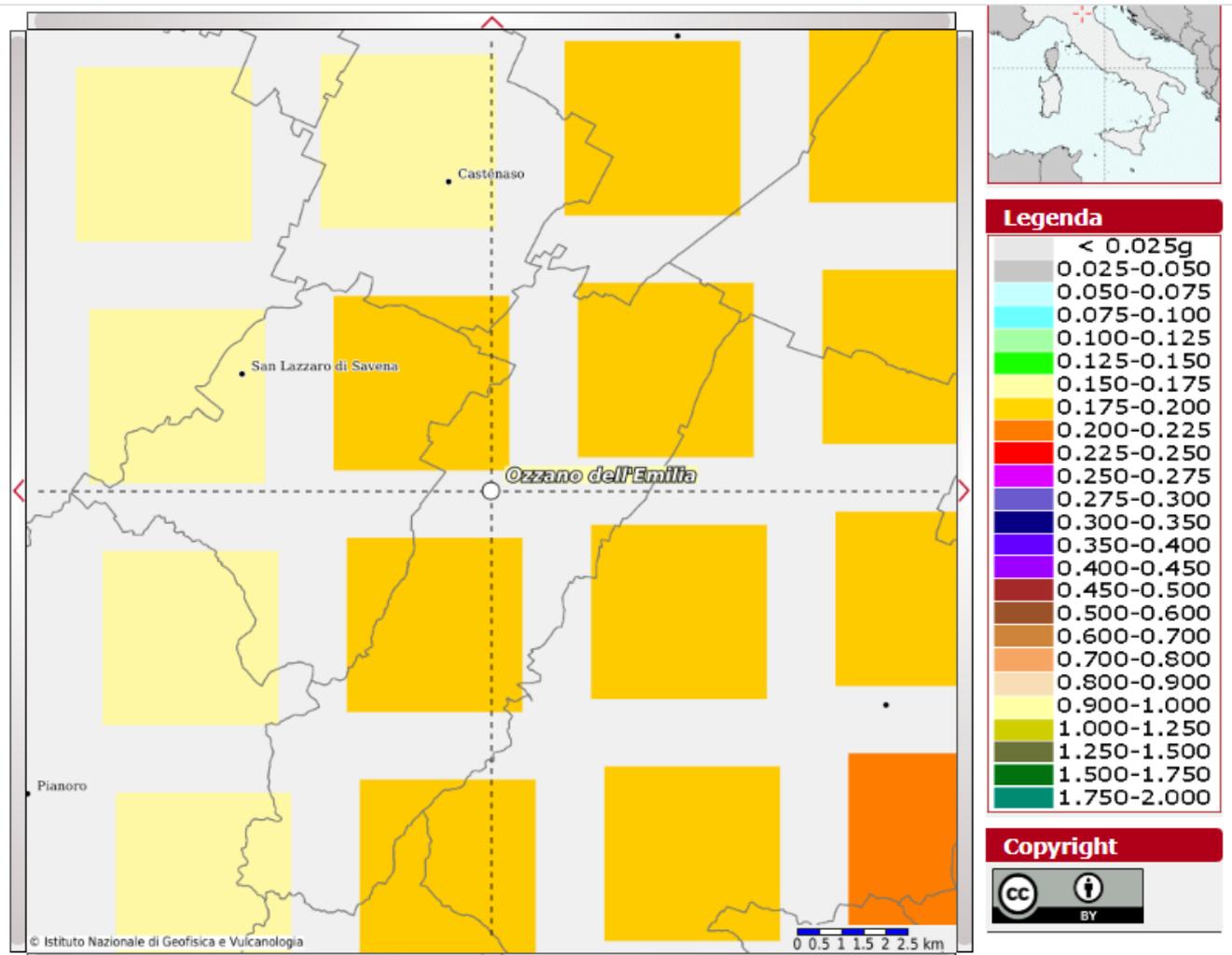


Figura 7 - Carta della massima accelerazione attesa al suolo

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Appllisas>

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 44.469 lon. 11.529 - id 16955)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.2824	0.3094	0.3475
0.0010	0.2077	0.2357	0.2543
0.0021	0.1605	0.1858	0.1960
0.0050	0.1150	0.1341	0.1400
0.0071	0.0985	0.1147	0.1214
0.0099	0.0852	0.0985	0.1065
0.0139	0.0726	0.0855	0.0922
0.0199	0.0600	0.0730	0.0782
0.0332	0.0454	0.0574	0.0612

Figura 8 – Tabella PGA per il sito in oggetto

Si riporta in seguito il fattore di amplificazione F_a derivante dall'analisi di microzonazione sismica di livello 2 trovata nella relazione tecnica allegata al PSC comunale in riferimento alla zonazione relativa al sito di interesse. Cautelativamente è stato considerato il fattore di amplificazione maggiore ($F_a = 2$).

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

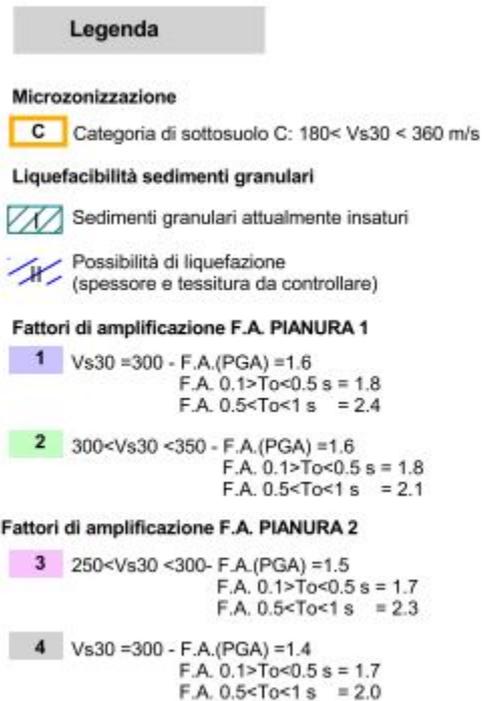


Figura 9 – Fattori di amplificazione. Microzonazione sismica di livello 2

In conclusione deriva una PGA pari a 0.3716 g.

L'area in oggetto non può essere esclusa dalla verifica a liquefazione per quanto riguarda l'accelerazione massima attesa al suolo.

Pericolosità a liquefazione

Non essendo verificata nessuna delle condizioni di esclusione della verifica a liquefazione, occorre procedere con tale verifica ai sensi delle NTC2018 come riportato nel capitolo seguente.

40

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Appllisas>

Si farà in seguito riferimento al metodo NCEER (2010) il quale risulta basato su correlazioni empiriche con prove SPT. Per il sito in oggetto si fa riferimento alle prove penetrometriche eseguite durante la campagna di acquisizione dati *in situ* ed inserita in allegato.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

8.1. Verifica a liquefazione del terreno

La liquefazione in un sito viene determinata attraverso i seguenti passi:

- determinazione del rapporto di tensione ciclica CSR;
- determinazione del rapporto di resistenza ciclica CRR;
- calcolo del potenziale di liquefazione espresso in termini di coefficiente di sicurezza

$$FS = \frac{CRR}{CSR} > 1.25$$

Le prime indagini sulla possibilità di valutare la liquefacibilità di un terreno si sono sviluppate a partire dai risultati di prove eseguite in laboratorio, in cui la risposta del terreno alle sollecitazioni cicliche indotte da un sisma era basata sulla determinazione del rapporto dello stato tensionale ciclico (cyclic shear ratio):

$$CSR = \frac{\tau}{\sigma'}$$

In cui:

- τ = resistenza al taglio disponibile
- σ' = pressione di confinamento effettiva.

Nel 1971 Seed e Idriss, basandosi su prove di taglio in laboratorio, notano che il valore medio della tensione di taglio misurata corrisponde al 65% del valore massimo della resistenza ciclica, quindi:

$$CSR = 0.65 \frac{\tau}{\sigma'}$$

Assumendo che la colonna di terreno al di sopra di un elemento si comporti come un corpo rigido, in base alla seconda legge del moto di Newton, la forza orizzontale F indotta dal sisma sulla colonna ipotizzata di lunghezza e larghezza unitaria risulta:

$$F = m a = \frac{a_{max}}{g} \sigma_v$$

In cui:

- a_{max} = accelerazione massima al suolo
- g = accelerazione di gravità
- σ_v = pressione litostatica totale

Data l'ipotesi di lunghezza e larghezza unitaria della colonna, la massima forza orizzontale F è uguale alla massima tensione di taglio. Inoltre poiché il terreno non si comporta come un corpo rigido, ma è deformabile, nella formula CSR va inserito anche un termine relativo al coefficiente di riduzione della rigidezza con l'aumentare della profondità r_d , quindi deriviamo la seguente formula:

$$CSR = 0.65 \frac{\sigma}{\sigma'_v} \frac{a_{max}}{g} r_d$$

In cui:

- r_d = coefficiente di riduzione della tensione

In seguito si è stabilito che il valore di CSR deve essere definito per una magnitudo standard di terremoto pari a 7,5 utilizzando un fattore scala della magnitudo MSF; per elevati valori della pressione di confinamento, vanno inoltre introdotti un fattore di correzione per la pressione litostatica K_σ (presenza di sovraccarichi) e un fattore di correzione K_a nel caso sia presente un valore iniziale di tensione di taglio statica orizzontale (piano campagna non orizzontale).

Da queste ultime considerazioni possiamo trarre la formula finale:

$$CSR = 0.65 \frac{\sigma}{\sigma'_v} \frac{a_{max}}{g} r_d \frac{1}{MSF} \frac{1}{K_\sigma} \frac{1}{K_\alpha}$$

Per trovare il valore di FS bisogna però determinare il rapporto di resistenza ciclica CRR.

Le difficoltà legate all'ottenimento di campioni indisturbati nei terreni sabbiosi e il fatto che la densità relativa, e quindi la resistenza, possa essere derivata da prove in sito hanno portato a correlare la resistenza del terreno ai valori indice delle prove in sito: il numero dei colpi N della prova dinamica SPT, la resistenza alla punta q_c della prova statica CPT (A. Bruschi 2014).

La stima del potenziale di liquefazione tramite prove SPT e CPT ha avuto una scissione tra la scuola di pensiero occidentale e quella orientale. Noi faremo riferimento alla prima ed in particolare al metodo NCEER (2010) per le SPT ed il metodo di Robertson e Wride (2009) per le CPT.

In seguito verrà utilizzato il metodo NCEER utilizzando la prova penetrometrica effettuata *in situ* e riportata in allegato.

Metodo NCEER (2010)

Partiamo dal calcolare i parametri necessari per la stima di CSR quali r_d , K_σ ed MSF; tralasciamo la K_α in quanto il nostro piano campagna non è inclinato.

Coefficiente di rigidezza r_d

$$r_d = \frac{1 - 0.4113 z^{0.5} + 0.04052 z + 0.001753 z^{1.5}}{1 - 0.4117 z^{0.5} + 0.05729 z + 0.006205 z^{1.5} + 0.00121 z^2}$$

In cui:

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

- z = profondità del piano campagna
- Fattore di correzione per tener conto delle tensioni efficaci K_σ

$$K_\sigma = \left(\frac{\sigma'_v}{p_a} \right)^{-(1-f)}$$

In cui:

- f è funzione della densità relativa DR
f = 0,7-0,8 per DR = 40-60%
f = 0,6-0,7 per DR = 60-80%
- Pa = pressione atmosferica

Fattore scala della magnitudo:

$$MFS = \left(\frac{7.5}{M_w} \right)^{2.95}$$

Per $M_w < 7.5$

- M_w = magnitudo al momento del sisma

Ora che abbiamo tutti i parametri per calcolare CSR possiamo passare al calcolo di CRR

CRR, ovvero la resistenza alla liquefazione, standardizzata a una tensione verticale effettiva, è calcolata nel seguente modo:

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - N_{1,60,cs}} + \frac{N_{1,60,cs}}{135} + \frac{50}{(10 N_{1,60,cs} + 45)^2} - \frac{1}{200}$$

45

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Appllisas>

per applicare questa formula, dobbiamo però ricavare il valore di $N_{1,60,cs}$ che è il numero dei colpi della prova SPT normalizzato e corretto per il 60% dell'energia. Quindi partiamo dai valori di NSPT (numero di colpi) raccolti dalla prova e li moltiplichiamo per altri quattro parametri legati alla prova penetrometrica e trovati tramite apposite tabelle.

$$N_{60} = N_{SPT} C_R C_S C_B C_E$$

$$N_{1,60} = N_{60} C_N$$

In cui

$$C_N = \sqrt{\frac{p_a}{\sigma'_v}}$$

infine dobbiamo correggere il valore di $N_{1,60}$ per la percentuale di frazione fine presente nel terreno FC che stabiliremo attraverso i dati stratigrafici della prova ed un'apposita tabella di valutazione

$$N_{1,60,cs} = \alpha + \beta N_{1,60}$$

In cui α e β sono coefficienti dipendenti dal contenuto di fine.

Verifica per il sito in oggetto

- Calcolo del rapporto di tensione ciclica CSR

a_max	z	r_d	sigma	sigma'	CSR
0.3708	1	0.98498	18.5	18.5	0.2374
	3	0.956208	56.9	56.9	0.230465
	4	0.941472	77.2	74.2	0.236088
	5	0.925835	97.5	84.5	0.257475
	10	0.81723	192.3	129.3	0.29294
	15	0.660658	301.3	188.3	0.254788

Occorre ora calcolare il fattore di scala della magnitudo MSF che per il sito in esame, con magnitudo attesa pari a 4.8, vale 3.73.

Infine si calcola il fattore di correzione delle tensioni efficaci tenendo presente che il materiale presenta un addensamento inferiore al 60%.

È così ora possibile calcolare il valore finale del rapporto di tensione ciclica:

z	CSR	MSF	K_sigma	CSR_7,5
1	0.2374	3.468436	1.805053	0.037919
3	0.230465		1.218178	0.054546
4	0.236088		1.110091	0.061317
5	0.257475		1.060719	0.069984
10	0.29294		0.913988	0.092407
15	0.254788		0.801313	0.091673

- Calcolo del rapporto di resistenza critica

$$N_{1,60} = N_{SPT} * C_N * C_E$$

In cui:

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

- C_N : fattore correttivo per la profondità di esecuzione della prova uguale a $(p_{\alpha}\sigma'_{vo})^{0.5}$
- C_E : fattore correttivo per il rapporto energetico del maglio di battitura posto pari a (0.72/0.60).

Sono proposti altri coefficienti correttivi che però non sono stati valutati in quanto dipendono dalla modalità di sviluppo della prova. Non possedendo queste informazioni tali coefficienti sono stati imposti pari a 1.

Essendo la liquefazione fortemente influenzata dalla percentuale di fine presente occorre svincolarsi da tale situazione e convertire il valore $(N1)_{60}$ in un valore corrispondente riferito alla sabbia pulita $(N1)_{60,cs}$.

Questo passaggio è stato fatto utilizzando la relazione di *Youd et al* del 2001

$$N_{1,60,cs} = \alpha + \beta N_{1,60}$$

I coefficienti α e β dipendono dal contenuto di fine FC che, non essendo noto, viene considerato inferiore al 5% a favore di sicurezza.

z	N_spt	C_N	N_1,60,cs	CRR_7.5
1	6	2.34	8.411575	0.109387
3	27	1.33	21.58339	0.246149
4	27	1.17	18.90052	0.212144
5	27	1.09	17.71117	0.198599
10	52	0.88	27.57503	0.365388
15	52	0.73	22.85021	0.264617

A questo punto è possibile procedere con la verifica che risulta essere soddisfatta per tutti i punti considerati.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Appllisas>

z	CSR_7,5	CRR_7.5	FS	FS>1,25
1	0.037919	0.109387	2.884765	Sì
3	0.054546	0.246149	4.512709	Sì
4	0.061317	0.212144	3.459791	Sì
5	0.069984	0.198599	2.837766	Sì
10	0.092407	0.365388	3.954127	Sì
15	0.091673	0.264617	2.886523	Sì

La verifica risulta soddisfatta a tutte le profondità indagate. È tuttavia doveroso sottolineare come i parametri utilizzati derivino da acquisizioni indirette seppur di comprovata e riconosciuta validità-

*SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)*

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Appllisas>

9. MODELLO GEOTECNICO

I dati acquisiti sono stati elaborati con l'ausilio del software di calcolo dedicato Fondazio per Windows (versione 6.55 del 2012) al fine di caratterizzare e parametrizzare gli aspetti geotecnici del sottosuolo investigato.

Si rinvia alle tabelle allegate per la ricostruzione di dettaglio del modello geotecnico del sottosuolo stesso.

Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisicomeccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico (da NTC – D.M. 17/01/2018).

Sulla base dei dati ottenuti dalle prove geognostiche, il terreno investigato può essere schematicamente suddiviso (NB: riferimento piano campagna), dal punto di vista geotecnico, in tre livelli stratigrafici aventi le caratteristiche geotecniche principali di seguito indicate.

Secondo quanto disposto dalle Norme Tecniche, tali parametri meccanici devono essere trattati in maniera statistica, adottando valori a cui sia associata una probabilità di superamento non superiore a 5% (2.3 – NTC2018), ottenendo parametri definiti "caratteristici".

Esempio: Φ_{nominale} (da prove) = Φ_{k} (caratteristico)

Nella tabella seguente vengono riportati i parametri riscontrati per le prove penetrometriche effettuate. In allegato tutti i risultati delle prove.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

Prova P1

Ipotesi stratigrafica 1	Profondità (m)	Nspt di riferim. (*)	DR (%) (*)	Ø (°) (*)	Y_s (T/m³) (*)	Y (T/m³) (*)	Cu (kPa) (*)
Strato A	Da 0.0 m a 2.8 m circa	7	-	-	-	-	43.1
Strato B	Da 2.8 m a 6.3 m circa	27	61	35	2.03	1.66	-
Strato C	Da 6.3 m a 6.7 m circa	70	93	44	2.19	1.92	-

Prova P2

Ipotesi stratigrafica 2	Profondità (m)	Nspt di riferim. (*)	DR (%) (*)	Ø (°) (*)	Y_s (T/m³) (*)	Y (T/m³) (*)	Cu (kPa) (*)
Strato A	Da 0.0 m a 3.5 m circa	6	-	-	-	-	37.24
Strato B	Da 3.5 m a 5.8 m circa	27	61	35	2.03	1.66	165.62
Strato C	Da 5.8 m a 6.5 m circa	64	90	43	2.18	1.90	-

dove:

NSPT = numero di colpi SPT correlati

(*) = vengono assunti cautelativamente come riferimento i valori medi minimi della campagna effettuata

Y (T/m³) = peso di volume del terreno

Y_s (T/m³) = peso di volume saturo del terreno

Ø (°) = angolo di attrito efficace

Cu (kg/cm²) = coesione non drenata

9.1 RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA

In base all'interpretazione dei dati di terreno, è possibile ricostruire una probabile successione stratigrafica. In generale è possibile affermare che i terreni presenti in loco sono composti da limo argilloso.

Al fine di rendere più chiara la situazione geologica-geotecnica e per riassumere quanto è stato scritto nei capitoli precedenti si è provveduto ad una ricostruzione, di massima, della probabile situazione stratigrafica usando come riferimento i dati raccolti attraverso le indagini dirette ed indirette effettuate in sito.

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Ø (°)</i>	<i>Descrizione</i>
Strato A	Da 0.0 m a 2.8 m circa	-	Limo sabbioso/argilloso
Strato B	Da 2.8 m a 6.3 m circa	35	Limo sabbioso
Strato C	Da 6.3 m a 6.7 m circa	44	Sabbia e Ghiaia

<i>Ipotesi stratigrafica 2</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Ø (°)</i>	<i>Descrizione</i>
Strato A	Da 0.0 m a 3.5 m circa	-	Limo sabbioso/argilloso
Strato B	Da 3.5 m a 5.8 m circa	35	Limo sabbioso
Strato C	Da 5.8 m a 6.5 m circa	43	Sabbia e Ghiaia

10.CONCLUSIONI

Nello svolgimento dell'incarico, il cui prodotto finale è la seguente relazione, si sono accertate le condizioni geologiche, geotecniche e sismiche del sito indagato.

Le risultanze principali sono le seguenti:

- Sono presenti tre livelli costituiti da:
Strato A: Limo sabbioso/argilloso
Strato B: Limo sabbioso
Strato C: Sabbia e ghiaia
- Secondo la classificazione sismica corrente, il comune di Ozzano dell'Emilia ricade in zona 2, caratterizzata da pericolosità sismica media;
- Il terreno indagato ricade dal punto di vista sismico nella categoria di sottosuolo 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).
- Le indagini sismiche hanno suffragato e contribuito a ricostruire in maniera univoca il modello geotecnico di cui sopra;
- Si ritiene che in fase esecutiva, particolare attenzione dovrà essere recepita dal progettista al fine di garantire costantemente la protezione dell'opera dai corsi d'acqua superficiali e garantire costantemente lo smaltimento delle acque meteoriche attraverso l'adozione di tutti i provvedimenti comunemente adottati (fossi di guardia, regimentazione a mezzo tubazioni ecc.); analoga cura dovrà essere posta nel confinamento dei lavori di scavo necessari.
- La verifica a liquefazione risulta soddisfatta a tutte le profondità indagate presentando fattori di sicurezza maggiori a 1.25.

Sulla base delle indagini effettuate e dei risultati analitici interpretativi, nel rispetto dei dati di caratterizzazione sopra riportati, da un punto di vista strettamente geologico, geomorfologico, geotecnico e idrologico, si è caratterizzato il terreno da un punto di vista sismico.

Seriate, 7 Luglio 2023

Dott. Alberto Velicogna



SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

BIBLIOGRAFIA

- Brinch-Hansen, J. [1970] "A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity" The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.28, Copenhagen.
- Burland, J.B. e Burbidge, M.C. (1984) "Settlement of Foundations on Sand and Gravel", Glasgow and West of Schotland Association, Centenary Literature
- Per la cartografia: <http://www.isprambiente.gov.it> (cartografia geologica)
- PSC comune di Ozzano dell'Emilia (BO)

ALLEGATI

- Caratteristiche penetrometro
- Resistenze all'avanzamento riscontrate
- Parametri geotecnici terreno
- Risultati indagini MASW

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

LEGENDA SPECIFICHE TECNICHE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ), misurando il numero di colpi N necessari.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti :

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica : diametro base cono D , area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione δ)
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici) .

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella più sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

Tipo	Sigla di riferimento	massa battente	prof.max indagine
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8 m
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25 m
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M > 60$	> 25 m

Per la visione delle caratteristiche tecniche dei penetrometri, si rimanda alla sezione EDITOR PENETROMETRI.

I PENETROMETRI dinamici in uso in Italia risultano essere i seguenti (non rientranti però nello Standard ISSMFE) :

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SCPT) (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$), diametro D = 50.8 mm, area base cono A = 20.27 cm² rivestimento : previsto secondo precise indicazioni

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 20-30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$), diametro D = 50.5 mm , area base cono A = 20 cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto .

PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE SCHEDA PENETROMETRO		
	riferimento	083-2023

Committente: LAUT ENGINEERING SRL		
Cantiere: Agrivoltaico		
Località: Ozzano nell'Emilia (BO)		

DPM (Medium)		DPM (Medium)
Sigla	DPM (Medium)	Nominativo o sigla dello strumento
Beta eff.	2,00	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
M(massa)	30 kg	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
H(maglio)	0,50 m	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0,01m a 0,02m)
L(aste)	1,00 m	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
M(aste)	6,00 kg	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
M(sistema)	18 kg	Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
A(punta)	10,00 cm²	Area della superficie laterale del cono della punta
Alfa(punta)	90 °	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
Prf.(1°asta)	0,80 m	Profondità di giunzione della prima asta infissa
N	0,10 m	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
Rivest.	Sì	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
ø(punta)	35,70 mm	Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0,3 a 0,5mm)
MaxCE%	50,00 %	Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
L/DM	2,00	Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
D(tb)	100,00 mm	Diametro della testa di battuta.
DEV(a)[<5m]	2,00 °	Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
DEV(a)[>5m]	1,00 °	Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
ECCmax(a)	0,02 mm	Massima eccentricità consentita alle aste
Dest(aste)	32,00 mm	Diametro esterno delle aste (toll. max 0,2mm)
Dint(aste)	9,00 mm	Diametro interno delle aste cave (toll. da 0,2mm a 0,3mm)
Dmin(punta)	34,00 mm	Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
hcl(punta)	37,50 mm	Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1,00mm a 2,00mm)
Ras(punta)	11,00 mm	Rastremazione del cono nella parte alta
Hc(punta)		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0,1mm a 0,4mm)
RangeCP	3 - 50	Massimo numero di colpi utile
Spinta	t	Spinta nominale strumento

	Lo sperimentatore:
	Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	1
	riferimento	083-2023

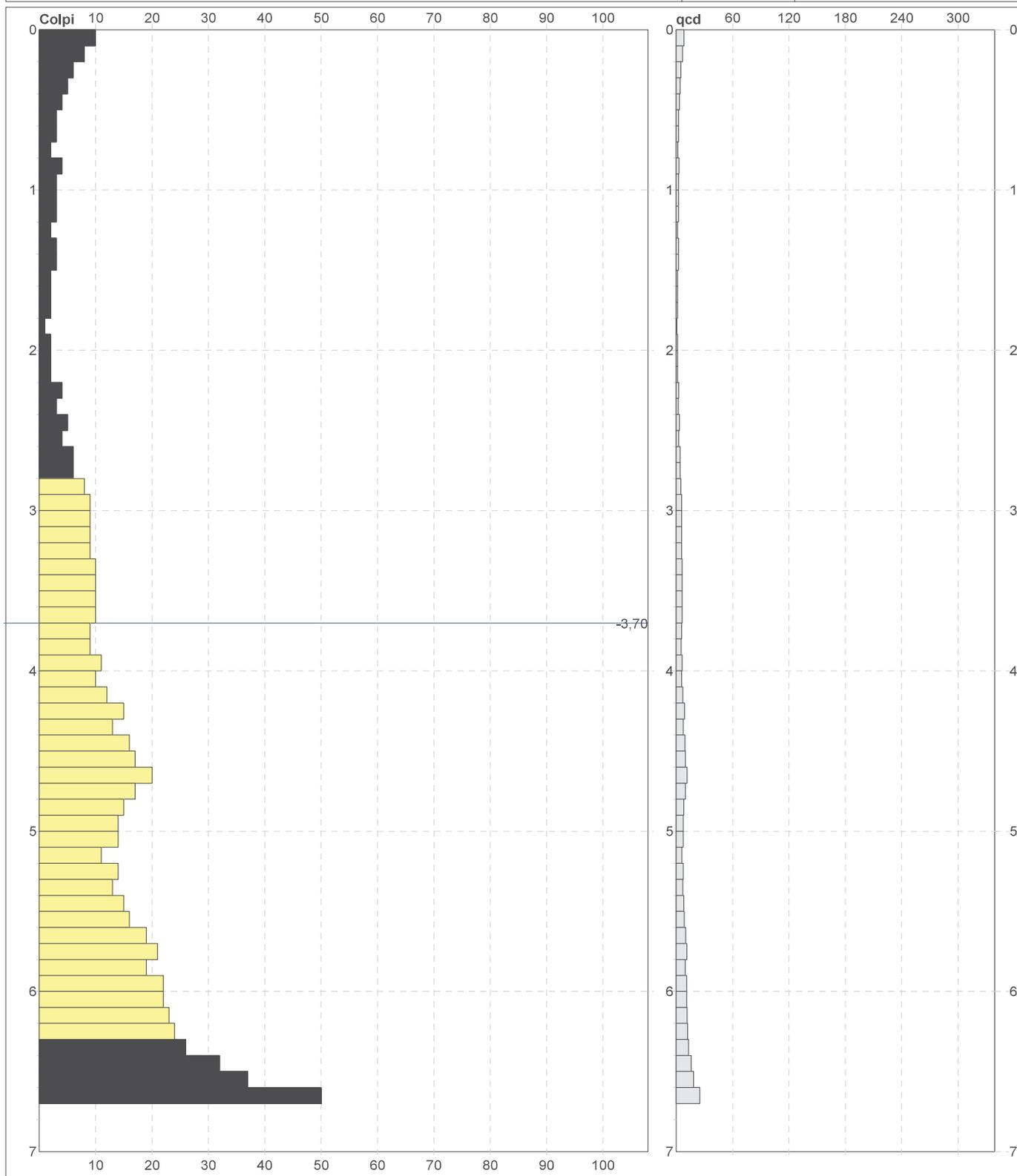
Committente: LAUT ENGINEERING SRL	U.M.: MPa	Data eseg.: 29/06/2023
Cantiere: Agrivoltaico	Pagina: 1	Falda: -3,70 m da p.c.
Località: Ozzano nell'Emilia (BO)	Elaborato:	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m ²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m ²
0,10	1	10		8,2					
0,20	1	8		6,5					
0,30	1	6		4,9					
0,40	1	5		4,1					
0,50	1	4		3,3					
0,60	2	3		2,5					
0,70	2	3		2,5					
0,80	2	2		1,6					
0,90	2	4		2,9					
1,00	2	3		2,2					
1,10	2	3		2,2					
1,20	2	3		2,2					
1,30	2	2		1,5					
1,40	2	3		2,2					
1,50	3	3		2,2					
1,60	3	2		1,5					
1,70	3	2		1,5					
1,80	3	2		1,5					
1,90	3	1		0,7					
2,00	3	2		1,3					
2,10	3	2		1,3					
2,20	3	2		1,3					
2,30	3	4		2,7					
2,40	3	3		2,0					
2,50	3	5		3,3					
2,60	4	4		2,7					
2,70	4	6		4,0					
2,80	4	6		4,0					
2,90	4	8		4,9					
3,00	4	9		5,5					
3,10	4	9		5,5					
3,20	4	9		5,5					
3,30	4	9		5,5					
3,40	4	10		6,1					
3,50	5	10		6,1					
3,60	5	10		6,1					
3,70	5	10		6,1					
3,80	5	9		5,5					
3,90	5	9		5,1					
4,00	5	11		6,2					
4,10	5	10		5,7					
4,20	5	12		6,8					
4,30	5	15		8,5					
4,40	5	13		7,4					
4,50	5	16		9,0					
4,60	6	17		9,6					
4,70	6	20		11,3					
4,80	6	17		9,6					
4,90	6	15		7,9					
5,00	6	14		7,4					
5,10	6	14		7,4					
5,20	6	11		5,8					
5,30	6	14		7,4					
5,40	6	13		6,8					
5,50	7	15		7,9					
5,60	7	16		8,4					
5,70	7	19		10,0					
5,80	7	21		11,0					
5,90	7	19		9,3					
6,00	7	22		10,8					
6,10	7	22		10,8					
6,20	7	23		11,3					
6,30	7	24		11,8					
6,40	7	26		12,7					
6,50	7	32		15,7					
6,60	8	37		18,1					
6,70	8	50		24,5					

H = profondità	qcd = resistenza dinamica punta	Lo sperimentatore:
L1 = prima lettura (colpi punta)	Asta = numero di asta impiegata	
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)		
		Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA	DIN	1
	riferimento	083-2023

Committente: LAUT ENGINEERING SRL	Quota ass.: Piano Campagna	U.M.: MPa	Data exec.: 29/06/2023
Cantiere: Agrivoltaico		Scala: 1:35	
Località: Ozzano nell'Emilia (BO)		Pagina: 1	Falda: -3,70 m da p.c.
		Elaborato:	



Responsabile: dr. Alberto Velicogna	Corr.astine: kN/ml	Preforo: m
Assistente:	Cod.ISTAT: 0	Lo sperimentatore:
		Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	1
	riferimento	083-2023

Committente: LAUT ENGINEERING SRL	U.M.: MPa	Data esec.: 29/06/2023
Cantiere: Agrivoltaico	Pagina: 1	
Località: Ozzano nell'Emilia (BO)	Elaborato:	Falda: -3,70 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpd MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 2,80	Media	4	1,92	7	0,286	0,197	54	102	1,40	Coesiva	Limo sabbioso/argilloso, nocciola s
2	2,80 : 6,30	Media	14	1,92	27	0,803	0,833	193	168	3,93	Granulare	Sabbia limosa
3	6,30 : 6,70	Media	36	1,92	70	1,850	1,850	244	359	9,06	Granulare	Sabbia e Ghiaia

	NATURA COESIVA						NATURA GRANULARE							
--	-----------------------	--	--	--	--	--	-------------------------	--	--	--	--	--	--	--

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	ϕ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 2,80	7	43,12	1,86	36,00	0,97	0,40	---	---	---	---	---	---	---
2	2,80 : 6,30	27	---	---	---	---	---	61	35	4,07	2,03	1,66	3,59	---
3	6,30 : 6,70	70	---	---	---	---	---	93	44	7,46	2,19	1,92	7,34	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	2
	riferimento	083-2023

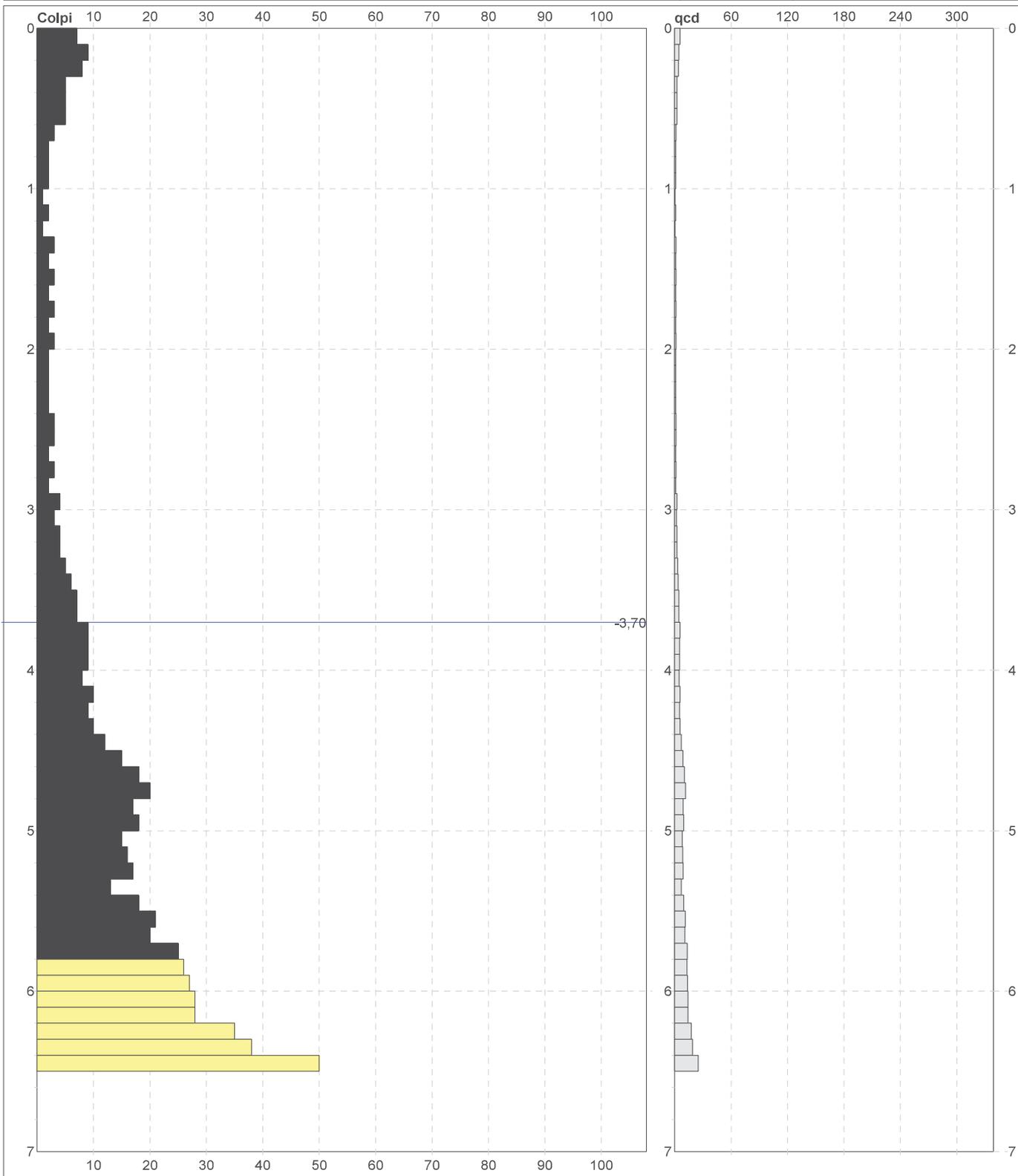
Committente: LAUT ENGINEERING SRL	U.M.: MPa	Data eseg.: 29/06/2023
Cantiere: Agrivoltaico	Pagina: 1	Falda: -3,70 m da p.c.
Località: Ozzano nell'Emilia (BO)	Elaborato:	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m ²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m ²
0,10	1	7		5,7					
0,20	1	9		4,4					
0,30	1	8		3,9					
0,40	1	5		2,5					
0,50	1	5		2,5					
0,60	2	5		2,5					
0,70	2	3		1,5					
0,80	2	2		1,0					
0,90	2	2		1,0					
1,00	2	2		1,0					
1,10	2	1		0,5					
1,20	2	2		1,0					
1,30	2	1		0,5					
1,40	2	3		1,5					
1,50	3	2		1,0					
1,60	3	3		1,5					
1,70	3	2		1,0					
1,80	3	3		1,5					
1,90	3	2		1,0					
2,00	3	3		1,5					
2,10	3	2		1,0					
2,20	3	2		1,0					
2,30	3	2		1,0					
2,40	3	2		1,0					
2,50	3	3		1,5					
2,60	4	3		1,5					
2,70	4	2		1,0					
2,80	4	3		1,5					
2,90	4	2		1,0					
3,00	4	4		2,5					
3,10	4	3		1,8					
3,20	4	4		2,5					
3,30	4	4		2,5					
3,40	4	5		3,1					
3,50	5	6		3,7					
3,60	5	7		4,3					
3,70	5	7		4,3					
3,80	5	9		5,5					
3,90	5	9		5,1					
4,00	5	9		5,1					
4,10	5	8		4,5					
4,20	5	10		5,7					
4,30	5	9		5,1					
4,40	5	10		5,7					
4,50	5	12		6,8					
4,60	6	15		8,5					
4,70	6	18		10,2					
4,80	6	20		11,3					
4,90	6	17		8,9					
5,00	6	18		9,4					
5,10	6	15		7,9					
5,20	6	16		8,4					
5,30	6	17		8,9					
5,40	6	13		6,8					
5,50	7	18		9,4					
5,60	7	21		11,0					
5,70	7	20		10,5					
5,80	7	25		13,1					
5,90	7	26		12,7					
6,00	7	27		13,2					
6,10	7	28		13,7					
6,20	7	28		13,7					
6,30	7	35		17,2					
6,40	7	38		18,6					
6,50	7	50		24,5					

H = profondità	qcd = resistenza dinamica punta	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
L1 = prima lettura (colpi punta)	Asta = numero di asta impiegata	
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)		

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA	DIN	2
	riferimento	083-2023

Committente: LAUT ENGINEERING SRL	Quota ass.: Piano Campagna	U.M.: MPa	Data exec.: 29/06/2023
Cantiere: Agrivoltaico		Scala: 1:35	
Località: Ozzano nell'Emilia (BO)		Pagina: 1	Falda: -3,70 m da p.c.
		Elaborato:	



Responsabile: dr. Alberto Velicogna	Corr.astine: kN/ml	Preforo: m
Assistente:	Cod.ISTAT: 0	Lo sperimentatore:
		Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	2
	riferimento	083-2023

Committente: LAUT ENGINEERING SRL	U.M.: MPa	Data eseg.: 29/06/2023
Cantiere: Agrivoltaico	Pagina: 1	
Località: Ozzano nell'Emilia (BO)	Elaborato:	Falda: -3,70 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpd MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 3,50	Media	3	1,92	6	0,187	0,180	49	104	0,92	Coesiva	Limo sabbioso/argilloso, nocciola s
2	3,50 : 5,80	Media	14	1,92	27	0,799	0,744	194	168	3,91	Coes./Gran.	Limo sabbioso
3	5,80 : 6,50	Media	33	1,92	64	1,691	1,691	237	334	8,29	Granulare	Sabbia e Ghiaia

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	ϕ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 3,50	6	37,24	1,85	37,04	1,00	0,37	---	---	---	---	---	---	---
2	3,50 : 5,80	27	165,62	2,10	20,20	0,55	0,85	61	35	4,07	2,03	1,66	3,59	---
3	5,80 : 6,50	64	---	---	---	---	---	90	43	6,99	2,18	1,90	6,81	---

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / N_{spt}

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati .

Prima definizione della profondità di ciascuno strato , il programma effettua (con riferimento al numero di colpi N) una serie di elaborazioni statistiche dei dati in memoria, valutando :

valore minimo m , massimo Max , media M, scarto quadratico medio s, valore medio/minimo $(M+m)^{1/2}$

media-scarto quadratico medio (M-s)

Ciò considerato , si potrà adottare il valore caratteristico VCA per N più adatto , a seconda delle esigenze, impostando uno dei valori elaborati sopracitati o un valore a scelta.

Successivamente , con riferimento al valore caratteristico assunto per il numero di colpi N , si potrà avviare un tentativo di correlazione con il numero di colpi N_{spt} della prova SPT : $N_{spt} = \beta N$ [ove per il coefficiente β si potrà introdurre un valore sperimentale a piacere (vedi note illustrative), ovvero il coefficiente teorico di energia β fornito dal programma] .

VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica R_{pd} viene comunemente valutata in base alla formula Olandese :

$$R_{pd} = (M^2 H) / [A e (M + P)] \text{ ove :}$$

N = n. colpi per avanzamento δ R_{pd} = resist.dinam.punta [area A] M = massa battente [altezza caduta H]

e = avanzamento per colpo = δ/N P = peso tot. sistema battuta e aste ,

ovvero in base alla formula semplificata :

$$R_{pd}' = (M H) / (A e) = (M H) N / (A \delta) = Q N ,$$

ove : $Q = (M H) / (A \delta)$ = energia specifica teorica per colpo .

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame (N,Q) alla prova SPT (N_{spt},Q_{spt}),

dall'uguaglianza dei valori di resistenza dinamica relativi alle due prove, si ricava teoricamente :

$$R_{pd}' = Q N = Q_{spt} N_{spt} \Rightarrow N_{spt} = N [Q/Q_{spt}] = \beta N ,$$

ove il rapporto $\beta = Q/Q_{spt}$ viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame , relativamente alla prova SPT (Q_{spt} = 7.83 kg/cm² = 0.768 MPa) per M = 63.5 kg, H = 0.75 m, D = 50.8 mm, A = 20.27 cm², d = 0.30 m) .

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

N_{spt} -> Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

N_{spt} -> ϕ' ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Terreni granulari) - PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)

N_{spt} -> E' MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

N_{spt} -> Cu COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

N_{spt} -> Y PESO DI VOLUME

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e.max = 1 e.min = 1/3 G = 2.65]

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [p.specifico G = 2.70]

R_{pd} -> Qd CAPACITA' PORTANTE DINAMICA Herminier, Tchong & Lebegue(1965)

F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)

(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g)]

Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

MASW 1

#1: updating & processing (MASW analysis)

dataset: landazzi_consist003.DAT
 sampling: 0.125 ms
 minimum offset: 0 m
 geophone spacing: 4 m

reprocessing: 1

data selection: private, select, accept

filtering & spectra: filter, causal, 0.50Hz, spectrum, spectrogram

refraction: refraction, 100, update, save, clear refraction

other trace & setting: 1.02200, Time length to visualize (s): done, No trace, zero padding

#2: velocity spectrum, modeling & picking (MASW & full analysis)

MASW compute velocity spectrum

phase velocity: /k

group velocity: /k

loading the spectra: save, update, merge

explore spectrum, model refraction

velocity spectrum

picklist: about /k, show /k

to select the line press of the mouse over the line (or right click)

save primary, cancel primary, invertible, invertible, just CC-MW Inv...

www.wilmaspw.com

modeling: /k, /k

calculate, update ref, save model, refra, refra, refra model, report

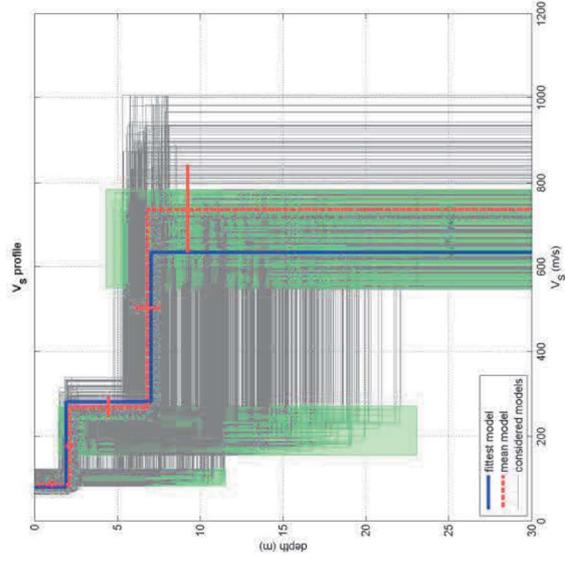
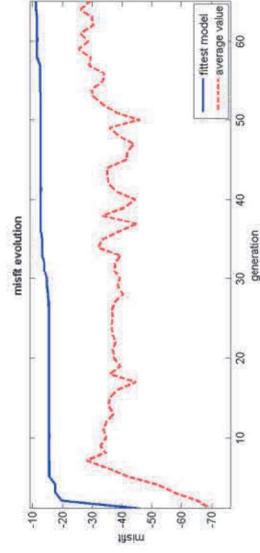
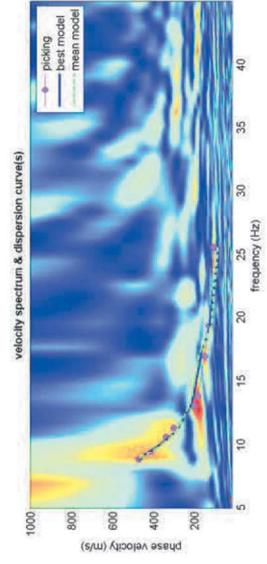
successes (s): 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

VS (m/s): 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200

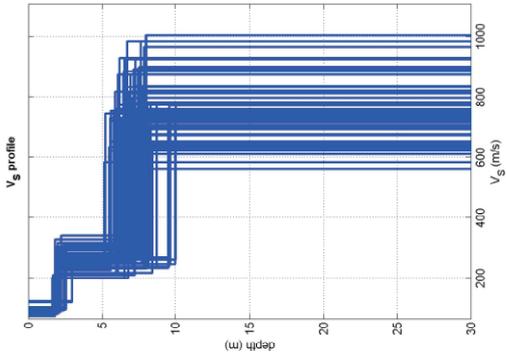
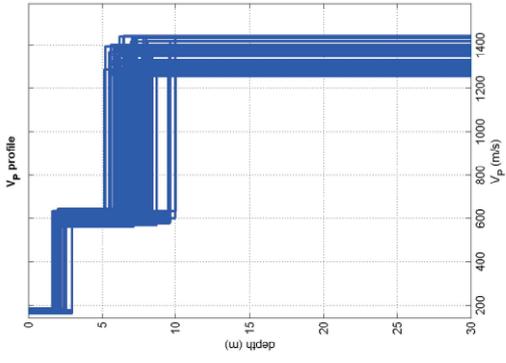
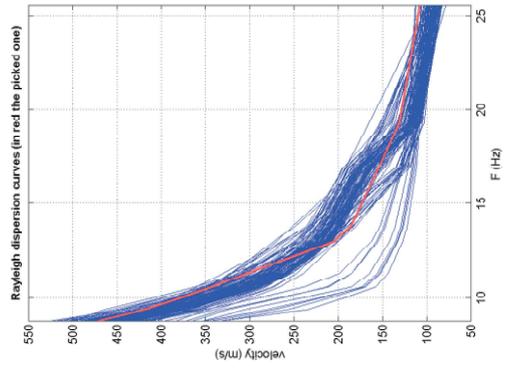
generating: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

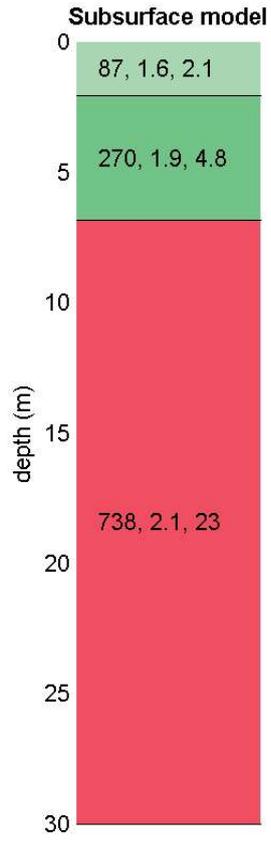
reference depth: refraction, HV modes

refraction: /k, /k

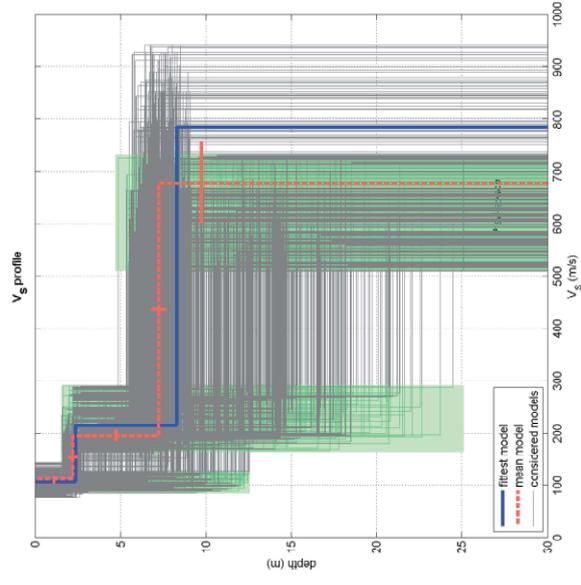
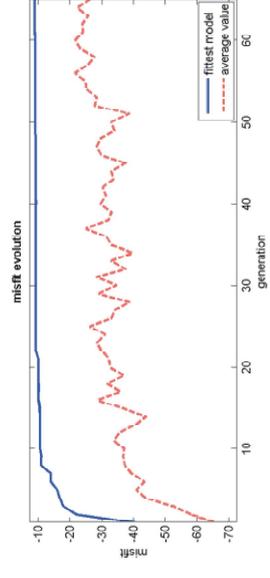
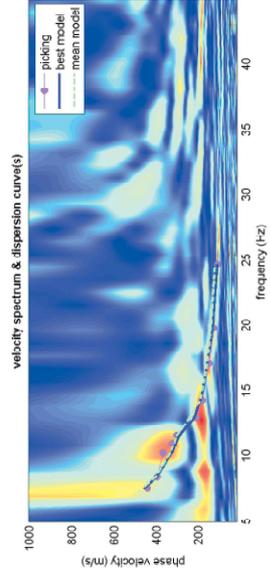


dataset: landuzzi comast(03.DAT)
 dispersion curve: Masw Landuzzi e Comastri 20.06.23.cdp
 V_{s30} (best model): 385 m/s
 V_{s30} (mean model): 411 m/s

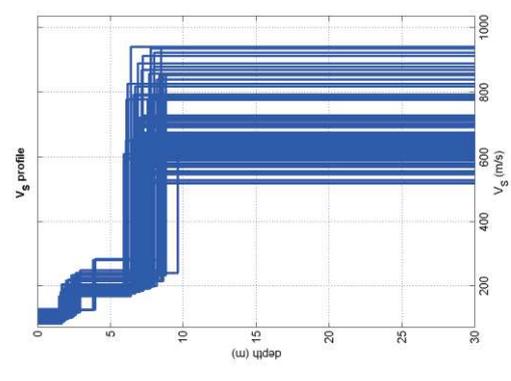
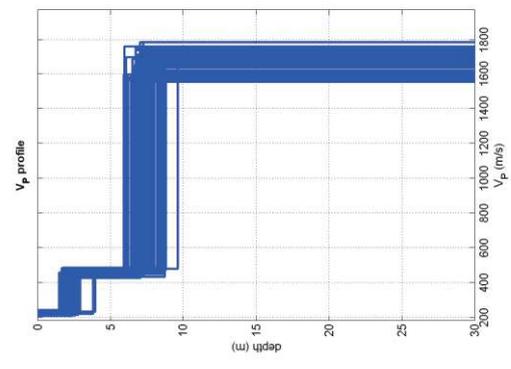
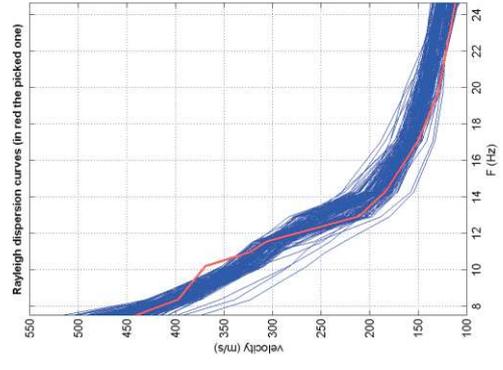


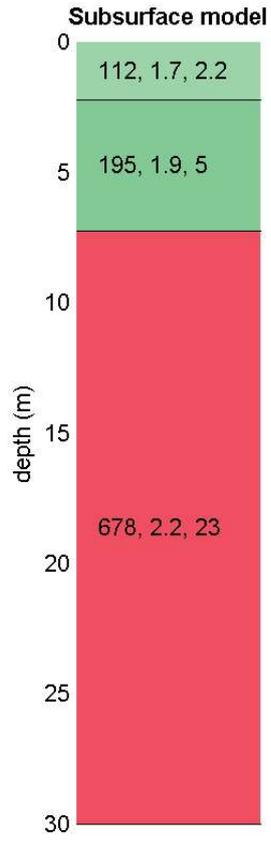


V_s	density	thickness
(m/s)	(gr/cm ³)	(m)



dataset: comasir002.DAT
 dispersion curve: Comasir Cuzzano nell'Emilia (BO).cdp
 V_{s30} (best model): 388 m/s
 V_{s30} (mean model): 379 m/s





V_s	density	thickness
(m/s)	(gr/cm ³)	(m)