

COMUNE DI ARENA PO

Provincia di Pavia



PGT

VARIANTE GENERALE 2025

LR 12/05 – LR 31/14 – LR 18/19

Adozione: delibera Consiglio Comunale n. ... del .../.../202..

Approvazione: delibera Consiglio Comunale n. ...del .../.../202..

Pubblicazione: BURL Serie Avvisi e Concorsi n. ... del .../.../202..



COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Gennaio 2026

PGT e VAS

Arch. Cristiano Carlo Alberti
Piazzale Trieste, 14 – Stradella (PV)

Studio di Incidenza Rete Natura 2000

Dott. nat. Riccardo Vezzani
Via Langosco, 48 – 27100 Pavia

Componente geologica idrogeologica e sismica

Studio Prealpino di Geologia – SGP
Corso XXVI Aprile, 107 – 20010 Arluno (MI)

Studio di gestione del rischio idraulico

Ing. Michelangelo Aliverti
Via Di Vittorio, 4 – 27020 Travacò Siccomario (PV)

Zonazione acustica

I.S.A. snc – Informatica Service e Ambiente
Via Cavour, 7 – 27010 Linarolo (PV)

Sindaco

Alessandro Belforti

Responsabile Servizio Tecnico

Ing. Diego Boiocchi

Segretario comunale

Dott. Gian Luca Muttarini

SOMMARIO

PRIMA PARTE: INTRODUZIONE	4
1.0. PREMESSE E OBIETTIVI.....	4
2.0. QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO	5
3.0. ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO E ASPETTI METODOLOGICI	8
SECONDA PARTE: FASE DI ANALISI.....	11
4.0. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	11
5.0. RICERCA STORICA E BIBLIOGRAFICA	11
5.1. DOCUMENTAZIONE TECNICO-SCIENTIFICA DI CARATTERE GENERALE.....	11
5.2. STUDI DI DETTAGLIO	12
5.3. DOCUMENTAZIONE SPECIFICA FORNITA DALL'UFFICIO TECNICO COMUNALE.....	12
5.4. STRUMENTI DI PROGRAMMAZIONE E PIANIFICAZIONE TERRITORIALE SU SCALA COMUNALE E SOVRACOMUNALE	13
5.4.1. Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI): Fasce Fluviali.....	13
5.4.2. Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA)	15
5.4.3. Piano Territoriale Regionale (PTR)	17
5.4.4. Piano di Tutela e Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTA-PTUA).....	20
5.4.5. Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP).....	22
5.4.6. Piano Provinciale Cave	24
5.4.7. Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico	25
6.0. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	26
6.1. CONCETTI GENERALI: LA FORMAZIONE DELLA PIANURA	26
6.2. CARATTERI GEOLOGICI LOCALI.....	26
6.3. CARATTERI PEDOLOGICI.....	27
6.4. CARATTERI GEOMORFOLOGICI	31
7.0. IDROGRAFIA SUPERFICIALE	31
8.0. IDROGEOLOGIA	32
8.1. CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ IDROGEOLOGICHE.....	32
8.1.1. Le unità idrogeologiche si sottosuolo dello studio di "Geologia degli Acquiferi Padani"	33
8.1.2. Idrostruttura Sotterranea Superficiale (ISS).....	34
8.2. CARATTERI IDROGEOLOGICI LOCALI	35
8.2.1. Derivazione delle acque sotterranee	35
8.2.2. Caratteri piezometrici locali.....	36
8.3. POTENZIALI CENTRI DI PERICOLO.....	38

8.4.	VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO	38
8.5.	QUALITÀ DELLE ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO.....	39
9.0.	VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' E RISCHIO IDRAULICO	40
9.1.	PERICOLOSITÀ E RISCHIO.....	41
10.0.	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO TECNICA	44
10.1.	PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	44
11.0.	PERICOLOSITA' SISMICA	45
11.1.	ASPETTI NORMATIVI E METODOLOGICI	45
11.2.	ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO	46
11.2.1.	Sismologia storica e macrosismica.....	46
11.2.2.	Sorgenti sismogenetiche	49
11.3.	PERICOLOSITÀ SISMICA	50
11.3.1.	Pericolosità sismica di base.....	50
11.3.2.	Pericolosità sismica locale.....	52
11.4.	PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE PER IL TERRITORIO DI ARENA PO: ANALISI DI I LIVELLO	53
11.5.	PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE PER IL TERRITORIO DI ARENA PO: ANALISI DI II LIVELLO	55
11.5.1.	Introduzione	55
11.5.2.	Procedura semplificata di II Livello per amplificazioni litologiche: scenari Z4	56
11.5.3.	Metodologia di indagine: Multichannel Analysis of Surfaces Waves (M.A.S.W.).....	57
11.5.4.	Arena Po 1	58
11.5.5.	Arena Po 2	63
11.5.6.	Arena Po 3	68
11.5.7.	Arena Po 4	73
11.5.8.	Arena Po 5	78
11.5.9.	Arena Po 6	82
11.5.10.	Arena Po 7	88
11.5.11.	Valutazione del grado di protezione.....	92
11.5.12.	Analisi dei risultati.....	93
TERZA PARTE: FASE DI SINTESI E VALUTAZIONE		95
12.0.	QUADRO DEI VINCOLI NORMATIVI PRESENTI SUL TERRITORIO	95
12.1.	VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO - PAI.....	95
12.2.	VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO - PGRA	95
12.3.	VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA.....	96
13.0.	SINTESI DEGLI ELEMENTI CONOSCITIVI.....	97
13.1.	AMBITI DI PERICOLOSITÀ E VULNERABILITÀ RINVENUTI SUL TERRITORIO	97

13.1.1.	A-Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità sei versanti	97
13.1.2.	B-Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico	97
13.1.3.	C-Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	97
13.1.4.	D-Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche	98
13.1.5.	E-Aree prive di evidenze geologiche-geomorfologiche	98
QUARTA PARTE: FASE DI PROPOSTA		99
14.0.	FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO.....	99
14.1.	CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 4 – FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI.....	99
14.1.1.	Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	99
14.2.	CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 3 – FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI	100
14.2.1.	Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità sei versanti	100
14.2.2.	Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico e geotecnico	100
14.2.3.	Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	100
14.2.4.	Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche	101
14.3.	CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 2 – FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI.....	101
15.0.	VALUTAZIONI FINALI	101

PRIMA PARTE: INTRODUZIONE

1.0. PREMESSE E OBIETTIVI

Il Comune di Arena Po (Prov. Pavia) è dotato di Piano di Governo del Territorio approvato con d.c.c. n. 12 del 26/07/2010 e divenuto efficace a seguito della pubblicazione sul BURL Serie Avvisi e Concorsi n. 35 del 31/08/2011.

Tra i documenti tecnici di supporto al P.G.T. è presente lo studio relativo alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica, redatto a gennaio 2010 dal dott. geol. Felice Sacchi conformemente ai criteri della d.g.r. n. 8/7374 del 28/05/2008.

Il 29 gennaio 2018, con d.c.c. n. 3, è stato approvato il Piano Attuativo denominato “ex ART 2 Località Salerno” in Variante al PGT e divenuto efficace a seguito della pubblicazione sul BURL Serie Avvisi e Concorsi n. 11 del 14/03/2018. In tempi più recenti è stata poi approvata, con d.c.c. n. 28 del 04/09/2023, una variante puntuale al Piano delle Regole per la realizzazione di un parco fotovoltaico, divenuta poi efficace a seguito della pubblicazione sul BURL Serie Avvisi e Concorsi n. 45 del 08/11/2023.

Il 4 maggio 2022, con Delibera di Giunta Comunale n. 45, è stato avviato il procedimento di Variante Generale al P.G.T. vigente in adeguamento alla l.r. 31/2014 e s.m.i., consistente nell'aggiornamento degli Atti costituenti il Piano di Governo del Territorio tra cui la Componente Geologica.

Nell'ultimo decennio, infatti, si è assistito ad un'evoluzione normativa in materia di previsione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici, oltre che all'avvento di nuove conoscenze geologiche e studi specifici. Da qui è derivata quindi la necessità di predisporre, avviato il procedimento di variante generale al P.G.T., un aggiornamento e revisione dei documenti ed elaborati relativi alla componente geologica del territorio comunale, per il quale è stato incaricato lo scrivente Studio Prealpino di Geologia-SGP.

Il presente lavoro, pertanto, si propone di revisionare gli elementi di analisi già contenuti nel precedente studio geologico mediante caratterizzazione geologica, geomorfologica, idrologica e idrogeologica, nonché recepire i contenuti dello Studio comunale di Gestione del Rischio Idraulico (art. 14 comma 7 del r.r. 7/2017 e s.m.i.), redatto dall'ing. M. Aliverti e recepire le mappe di pericolosità e rischio del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) con modifiche cartografiche intervenute a seguito di *presa d'atto del collaudo tecnico di opere idrauliche programmate in sponda destra del fiume Po per la difesa del territorio in corrispondenza di segni grafici denominati come limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C nell'ambito della cartografia di cui elaborato n. 8 del PAI-PO nei comuni di Arena Po, Cipriano Po e Portalbera (PV)*, approvato con Decreto del Segretario Generale ADBPO n. 23/2025 del 16 aprile 2025, oltre che aggiornare gli elaborati dei vincoli geologici, di sintesi, fattibilità geologica e relative norme geologiche.

La definizione della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Territorio di Arena Po ha come obiettivo quello di fornire, in accordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata, le prescrizioni e le norme d'uso di prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici, nonché di fornire all'amministrazione gli strumenti più adatti per l'esercizio del governo del territorio; i risultati dello studio forniscono pertanto un'analisi degli equilibri naturali del territorio esaminato, supporto indispensabile per lo svolgimento della pianificazione territoriale e per la valorizzazione delle risorse dell'ambiente stesso.

2.0. QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO

In materia di pianificazione del territorio, di classificazione sismica dello stesso e di progettazione delle costruzioni, sono intercorse recenti e rilevanti evoluzioni del quadro legislativo e normativo di riferimento, tanto nazionale, quanto regionale, corrispondenti a:

- O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*;
- Decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile del 21 ottobre 2003 *“Disposizioni attuative dell’art. 2, commi 2, 3 e 4, dell’ordinanza del presidente del consiglio dei ministri n.3274 del 20 marzo 2003, recante primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 252 del 29 ottobre 2003;
- D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005 *“Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio in attuazione art. 57 L.R. 12/05”*, pubblicata il 19 gennaio 2006;
- O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006 *“Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”*, pubblicata l’11 maggio 2006 sulla Gazzetta Ufficiale n. 108;
- D.M. 17 gennaio 2018 *«Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni»*;
- D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008 *“Aggiornamento dei «Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12», approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566”*, pubblicata il 12 giugno 2008;
- D.G.R. n. VIII/8515 del 26 novembre 2008 *“Modalità per l’attuazione della Rete Ecologica Regionale in raccordo con la programmazione territoriale degli Enti locali”*.
- D.L. n. 49 del 23 febbraio 2010 *“Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvione”*;
- D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 *“Aggiornamento dei ‘Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12’, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374”*, pubblicata sul BURL n. 50 Serie Ordinaria del 15 dicembre 2012;
- D.G.R. X/2129 del 11 luglio 2014 *“Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)”*, pubblicata sul BURL n. 29 Serie Ordinaria del 16 luglio 2014;
- L.R. 33/2015 *“Disposizioni in materia di costruzioni in zona sismica”*;
- D.G.R. X/4549 del 10 dicembre 2015 *“Direttiva 2007/60/CE contributo Regione Lombardia al piano di gestione del rischio alluvioni relativo al distretto idrografico Padano in attuazione dell’art. 7 del D.Lgs. 49/2010”*;
- L.R. n. 4 del 15 marzo 2016 *“Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d’acqua”*, pubblicata sul BURL n. 11, suppl. del 18 marzo 2016;
- D.G.R. n. X/5001 del 30 marzo 2016 *“Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)”*;
- D.P.C.M. 27 ottobre 2016 *“Approvazione del Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico Padano”*;

- D.G.R. X/6738 del 19 giugno 2017 “Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art. 58 delle norme di attuazione del Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con Deliberazione n. 5 dal Comitato istituzionale dell’autorità di bacino del fiume Po”, pubblicata sul BURL n. 25 Serie Ordinaria del 21 giugno 2017;
- D.M. 11 ottobre 2017 “Criteri ambientali minimi per l’affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici”;
- R.R. n. 7 del 23 novembre 2017 “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)”;
- D.M. 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»”, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 8 del 20 febbraio 2018;
- D.G.R. n. XI/470 del 2 agosto 2018 “Integrazioni alle disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, di cui alla d.g.r. 19 giugno 2017 – n. x/6738”;
- D.G.R. XI/2122 del 9 settembre 2019 “Approvazione del bilancio idrico regionale quale aggiornamento dell’elaborato 5 del Programma di tutela e uso delle acque approvato con d.g.r. 6990/2017”;
- L.R. n. 18 del 26 novembre 2019 “Misure di semplificazione e incentivazione per la rigenerazione urbana e territoriale, nonché per il recupero del patrimonio edilizio esistente. Modifiche e integrazioni alla legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio) e ad altre leggi regionali”;
- D.M. 30 aprile 2020 “Approvazione delle linee guida per l’individuazione, dal punto di vista strutturale, degli interventi di cui all’articolo 94-bis, comma 1, del decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, nonché delle varianti di carattere non sostanziale per le quali non occorre il preavviso di cui all’articolo 93”;
- Deliberazione 6/2021 - Progetto di Variante al “Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Po” (PAI Po) – Modifiche agli artt. 1 e 18 dell’Elaborato 7, recante “Norme di Attuazione”;
- D.G.R. XII/3007 del 9 settembre 2024 “Approvazione dell’Allegato 1 ‘Studi e dati geografici di riferimento per la redazione e l’aggiornamento della componente geologica dei PGT e della pianificazione di protezione civile’ in aggiornamento dell’Allegato 1 alla d.g.r. IX/2616/2011”;
- D.G.R. n. XI/6314 del 26 aprile 2022 “Modifiche ai criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12 approvati con d.g.r. 2616/2011 e integrati con d.g.r. 6738/2017”;
- D.G.R. n. XI/7564 del 15 dicembre 2022 “Integrazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio relativa al tema degli sprofondamenti (Sinkhole) (Art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12)”, pubblicata su BURL Serie Ordinaria n. 51 del 24 dicembre 2022.

Con l’O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 105, 8 maggio 2003, Supplemento Ordinario n. 72, sono state individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale, nonché fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse. L’entrata in vigore di tale Ordinanza è stata più volte prorogata sino al 23 ottobre 2005, data coincidente con l’entrata in vigore delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 settembre 2005, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 222, 23 settembre 2005, Supplemento Ordinario n. 159. A far tempo da tale data è in vigore la classificazione sismica del territorio nazionale così come deliberato dalle singole regioni (D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003 - Presa d’atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata Ordinanza 3274/03). A seguito dell’approvazione del D.M. 14 gennaio 2008 «Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni», entrato in vigore il 6 marzo 2008, e della legge 28 febbraio 2008, n. 31 «Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 31 dicembre 2007, n. 248», recante proroga di termini previsti da disposizioni legislative e disposizioni urgenti in materia finanziaria, si è modificata la sostanza dell’approccio alla tematica della difesa sismica e le relative modalità e tempistiche di applicazione. A partire dal 1° luglio 2009 la progettazione antisismica, per tutte le zone sismiche e per tutte le tipologie di edifici è regolata dal D.M. 14 gennaio 2008.

La Legge Regionale 11 marzo 2005 n. 12, così come modificata ed integrata dalla Legge Regionale 14 luglio 2006 n.12, dalla Legge Regionale 3 ottobre 2007 n. 24 e dalla Legge Regionale 14 marzo 2008 n. 4, definisce le regole per il governo del territorio lombardo; la Regione garantisce lo sviluppo sostenibile e la sostenibilità ambientale negli indirizzi di pianificazione e verifica la compatibilità di ogni Piano di Governo del Territorio con i piani a scala sovracomunale quali il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale ed il Piano Territoriale Regionale, di cui si occupa direttamente (art. 1, comma 3, L.R. 12/05 e s.m.i.).

Per ciò che concerne il quadro relativo a ogni territorio comunale:

- ogni Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) dovrà in ogni caso essere accompagnato da studio conforme ai criteri di cui alla D.G.R. IX/2616/2011 e s.m.i.;
- per ciò che concerne le relazioni tra P.G.T. e Studio Geologico, la D.G.R. regionale indicata in apertura specifica che:
 - tutti i comuni sono comunque tenuti ad aggiornare i propri studi geologici ai sensi della più recente D.G.R. relativamente alla componente sismica (in linea con le disposizioni nazionali introdotte dall'O.P.C.M. 3274, da cui scaturiscono le nuove classificazioni sismiche del territorio su base comunale) ed all'eventuale aggiornamento delle carte dei vincoli, di sintesi e di fattibilità;
 - ai sensi dell'art. 8, comma 1, lettera c) della L.R. 12/05, nel Documento di Piano del P.G.T. deve essere definito l'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio ai sensi dell'art. 57, comma 1, lettera a); considerato l'iter di approvazione previsto dall'art. 13 della stessa L.R. 12/05, al fine di consentire alle Province la verifica di compatibilità della componente geologica del P.G.T. con il proprio P.T.C.P., il Documento di Piano deve contenere lo studio geologico nel suo complesso;
 - le fasi di sintesi/valutazione e di proposta (rappresentate dalle Carte di sintesi, dei vincoli, di fattibilità geologica e dalle relative prescrizioni) costituiscono parte integrante anche del Piano delle Regole nel quale, ai sensi dell'art. 10, comma 1, lettera d) della L.R. 12/05, devono essere individuate le aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica, nonché le norme e le prescrizioni a cui le medesime sono assoggettate;
 - allo scopo di migliorare la fruibilità della documentazione dello Studio Geologico, sarebbe possibile ed utile programmare la predisposizione di elaborati unitari, comprensivi sia degli elementi presenti nel precedente studio e già conformi ai nuovi criteri, sia di quelli aggiornati;
 - relativamente alla già citata O.P.C.M. 3519, con la quale è stata approvata una nuova classificazione di pericolosità del territorio nazionale, è necessario tenere conto della possibile parziale riclassificazione sismica da parte delle regioni, prevedibile in un arco di tempo di alcuni mesi, e delle possibili conseguenze sulla pianificazione comunale.

Per ciò che concerne più specificatamente il quadro regionale, la prevenzione del rischio idrogeologico attraverso una pianificazione territoriale compatibile con l'assetto geologico, geomorfologico e con le condizioni di sismicità del territorio a scala comunale viene attuata in Regione Lombardia dal 1993. Le deliberazioni n. 5/36147 del 18 maggio 1993, n. 6/37918 del 6 agosto 1998 e n. 7/6645 del 29 ottobre 2001 hanno costituito gli indirizzi tecnici per gli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici generali dei comuni, secondo quanto stabilito dalla L.R. 24 novembre 1997 n. 41, abrogata dalla L.R. 11 marzo 2005, n. 12 «*Legge per il governo del territorio*».

In conclusione, l'entrata in vigore della L.R. 11 marzo 2005, n. 12 «*Legge per il governo del territorio*», modifica profondamente l'approccio culturale ispiratore in materia urbanistica e il passaggio dalla pianificazione al governo del territorio; la conseguente variazione degli atti costituenti lo strumento urbanistico comunale (Piano di Governo del Territorio – P.G.T.), impone una ridefinizione dei criteri tecnici volti alla prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici, e sismici del nuovo strumento urbanistico generale a scala comunale.

Scopi della più recente direttiva regionale sono:

- fornire indirizzi, metodologie e linee guida da seguire per l'analisi dell'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio comunale, per l'individuazione delle aree a pericolosità e vulnerabilità idrogeologica e per l'assegnazione delle relative norme d'uso e prescrizioni; in particolare vengono in questo atto forniti i nuovi criteri per la definizione della vulnerabilità e del rischio sismico, a seguito della nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sulle più recenti metodologie messe a punto dalla comunità scientifica;
- fornire indicazioni per l'aggiornamento del quadro delle conoscenze geologiche per i comuni che hanno già realizzato uno studio geologico del proprio territorio a supporto della pianificazione;

-
- rendere coerenti e confrontabili i contenuti degli strumenti di pianificazione comunali con gli atti di pianificazione sovraordinata (P.T.C.P. e P.A.I.), definirne le modalità e le possibilità di aggiornamento.

3.0. ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO E ASPETTI METODOLOGICI

Il presente aggiornamento dello studio Geologico, Idrogeologico e Sismico fa riferimento alle disposizioni della **d.g.r. n. IX/2616 del 30 novembre 2011** “Aggiornamento dei ‘Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005 n. 12’, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005 n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374”.

Tali disposizioni sono state nel corso degli anni oggetto di modifiche e integrazioni, con l’entrata in vigore delle seguenti deliberazioni:

- 1) **d.g.r. n. X/6738 del 19 giugno 2017** “Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art. 58 delle Norme di Attuazione del Piano per l’Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del fiume PO così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino del fiume PO”.
- 2) **d.g.r. n. XI/2120 del 9 settembre 2019** “Aggiornamento dell’Allegato 1 ai Criteri ed Indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57 della l.r. 11 marzo 2005 n. 12, approvati con d.g.r. 30 novembre 2011 n. 2616”.
- 3) **d.g.r. n. XI/4685 del 10 maggio 2021** “Ulteriori aggiornamenti dell’Allegato 1 ai Criteri ed Indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57 della l.r. 11 marzo 2005 n. 12, (d.g.r. 2616/2011 e d.g.r. 2120/2019)”.
- 4) **d.g.r. n. XI/6314 del 26 aprile 2022** “Modifiche ai Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57 della l.r. 11 marzo 2005 n. 12 approvati con d.g.r. 2616/2011 e integrati con d.g.r. 6738/2017”.
- 5) **d.g.r. n. XI/6702 del 18 luglio 2022** “Aggiornamento 2022 dell’Allegato 1 ai Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57 della l.r. 11 marzo 2005 n. 12 approvati con d.g.r. 30 novembre 2011 n. 2616”.
- 6) **d.g.r. n. XI/7564 del 15 dicembre 2022** “Integrazione dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio relativa al tema degli sprofondamenti (Sinkhole) (art. 57 della l.r. 11 marzo 2005 n. 12)”.
- 7) **d.g.r. XII/3007 del 9 settembre 2024** “Approvazione dell’Allegato 1 ‘Studi e dati geografici di riferimento per la redazione e l’aggiornamento della componente geologica dei PGT e della pianificazione di protezione civile’ in aggiornamento dell’Allegato 1 alla d.g.r. IX/2616/2011”;

La metodologia seguita per la redazione del presente studio geologico si fonda su fasi di lavoro fra loro concatenate ed in logica successione. Queste, come sviluppate nei capitoli successivi, sono:

- 1) **Fase di analisi**, che comprende a sua volta:
 - Ricerca storica e bibliografica. La finalità è quella di acquisire una conoscenza il più approfondita possibile del territorio in esame, con particolare riferimento a fenomeni di dissesto o esondazione pregressi e ad alterazioni dello stato del territorio ancorché non più riconoscibili, nell’ottica della prevenzione e della previsione di nuovi scenari di rischio.
 - Cartografia di inquadramento. La finalità è quella di rappresentare le caratteristiche del territorio comunale dal punto di vista litologico, geologico-tecnico, geomorfologico e di dinamica geomorfologica, idrologico, idrogeologico e sismico. È estesa a tutto il territorio comunale.

I contenuti di carattere geologico, geomorfologico, idrografico, idrogeologico e di caratterizzazione geotecnica individuati nel precedente studio geologico sono ripresi nel presente studio e all’occorrenza puntualmente aggiornati e integrati con nuove conoscenze e dati.

- Approfondimenti. Vengono analizzati e adeguatamente recepiti i contenuti di specifici studi di dettaglio; tra questi lo studio a supporto del progetto relativo agli “*interventi per la realizzazione della nuova arginatura*”

in destra Po a difesa dell'abitato di Arena Po e per la riattivazione della lanca di Po prospiciente l'abitato" e lo Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico (aprile 2023) redatto dall'ing. M. Aliverti.

- Analisi della Pericolosità Sismica Locale.

2) **Fase di sintesi/valutazione**, definita tramite la redazione della:

- Vincoli. Sono individuate le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico, tra cui vincoli derivati dalla pianificazione di bacino (PAI-PGRA), vincoli di Polizia Idraulica, aree di salvaguardia delle captazioni ad uso potabile, nonché le aree allagabili per insufficienza della rete fognaria di cui allo Studio Comunale di Gestione del rischio Idraulico.
- Carta di Sintesi, che consiste essenzialmente in una valutazione incrociata di tutti gli elementi emersi nella precedente fase di analisi e di approfondimento, in cui vengono rappresentate aree omogenee dal punto di vista della pericolosità geologica-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica del territorio comunale.

3) **Fase di proposta**, definita attraverso la redazione di:

- Carta di Fattibilità Geologica. Tale fase prevede modalità standardizzate di assegnazione della classe di fattibilità agli ambiti omogenei per pericolosità geologica/geotecnica e vulnerabilità idraulica/idrogeologica individuati nella fase di sintesi, al fine di garantire omogeneità e obiettività nelle valutazioni di merito tecnico. Alle classi di fattibilità individuate si aggiungono gli ambiti di pericolosità sismica locale, che non concorrono a definire la classe di fattibilità, ma ai quali è associata una specifica normativa che si concretizza nelle fasi attuative delle previsioni del P.G.T.
In linea generale sono riconfermati i contenuti già parte del precedente studio geologico, con eccezione degli areali in prossimità del Po per recepimento delle fasce fluviali e delle aree allagabili del PGRA.
- Norme Geologiche di Piano. Devono contenere la normativa d'uso della carta di fattibilità geologica ed il richiamo alla normativa derivante dalla carta dei vincoli. Riportano, per ciascuna delle classi di fattibilità, precise indicazioni in merito alle indagini di approfondimento, alle prescrizioni per le tipologie costruttive e alle eventuali opere di mitigazione del rischio da realizzarsi. Le Norme Geologiche di Piano devono essere riportate integralmente nel Piano delle Regole oltre che nel Documento di Piano del P.G.T.
- Carta PAI-PGRA. Nella Carta PAI-PGRA, che sostituisce quella che era la "Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI", sono tracciati, alla scala dello strumento urbanistico ed utilizzando la medesima base topografica, tutti gli elementi che derivano dal recepimento dei contenuti del PAI e del PGRA, incluse le eventuali modifiche proposte. Sono inoltre delimitate le aree soggette ad allagamento individuate nello Studio comunale di gestione del rischio idraulico.

Gli elaborati cartografici, parte integrante del presente lavoro, sono stati redatti utilizzando come base topografica il Fotogrammetrico comunale aggiornato rispetto alle attuazioni intercorse e riscontri su ortofoto; gli elaborati cartografici sono così costituiti:

- Tavola CG01 - Carta geologica;
- Tavola CG01a – Sezione geologica interpretativa;
- Tavola CG02 - Carta geomorfologica;
- Tavola CG03 – Carta idrogeologica e dell'idrografia superficiale;
- Tavola CG03a – Valutazione di dettaglio di pericolosità e rischio idraulico;
- Tavola CG04 - Carta di Prima caratterizzazione geotecnica;
- Tavola CG05 - Carta di Pericolosità sismica locale;
- Tavola CG06 – Carta PAI-PGRA;
- Tavola CG07 – Carta dei Vincoli geologici;
- Tavola CG08 – Carta dei Sintesi;
- Tavola CG09a – Carta di Fattibilità Geologica;
- Tavola CG9b – Carta di Fattibilità Geologica con sovrapposizione delle aree a pericolosità sismica locale;

Si ricorda sempre che trattandosi di un lavoro che ha lo scopo di delineare le caratteristiche e gli effetti della componente geologica sulla pianificazione comunale, tutti gli elementi raccolti nelle fasi descritte hanno questa specifica vocazione. Pertanto gli elaborati descrittivi e cartografici hanno puramente una funzione di supporto alla pianificazione urbanistica e territoriale e non possono essere considerati come esaustivi di problematiche geologico – tecniche sito specifiche. In particolare, le informazioni o i dati deducibili dalla cartografia allegata al presente documento non possono venire utilizzati per la soluzione di problemi progettuali a carattere puntuale e non devono in alcun modo essere considerati sostitutivi delle indagini geognostiche di maggior dettaglio prescritte dal D.M. 17 gennaio 2018 – “Aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni”.

SECONDA PARTE: FASE DI ANALISI

4.0. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il comune di Arena Po si trova nell'Oltrepò Pavese a circa 25 km a sud-est di Pavia, a confine con la Provincia di Piacenza. Il territorio si estende per circa 22 km² suddiviso tra il capoluogo e le frazioni di Cà dei Ratti, Cà Facaldo, Chieppa, Colombarolo, Fabbrika, Fornace, Frega, Gerolo, Ghelfa, Monteacuto, Pavesa, Piantà, Plessa, Porticone, Ripaldina, Salerno, Stazione, Vaga, Verombera e Zappellone. Il territorio extraurbano è interamente destinato alla funzione agricola ed il paesaggio è caratterizzato dall'orditura dei campi adibiti a seminativo e dalla presenza dell'area golenale del fiume Po.

Arena Po confina con i comuni di San Zenone al Po, Spessa, Zerbo, Portalbera, Bosnasco, Stradella, Zenevredo, Pieve Porto Morone e Stradella (PC).

5.0. RICERCA STORICA E BIBLIOGRAFICA

La ricerca storica e bibliografica, propedeutica allo sviluppo dello studio geologico comunale, è finalizzata ad acquisire una conoscenza il più approfondita possibile del territorio, con particolare riferimento alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, oltre che agli eventuali aspetti di dissesto e/o esondazione pregressi e ad alterazioni dello stato del territorio.

A tale proposito sono stati raccolti dati e informazioni esistenti in capo alle banche dati nazionali, regionali e provinciali, all'archivio comunale, oltre che di documentazione tecnico scientifica di carattere generale. La ricerca si è basata anche sull'analisi della documentazione relativa agli strumenti di programmazione e pianificazione territoriale su scala sovracomunale.

Nei paragrafi seguenti è elencata la documentazione consultata, poi ripresa nei contenuti essenziali allo svolgimento della presente relazione.

5.1. DOCUMENTAZIONE TECNICO-SCIENTIFICA DI CARATTERE GENERALE

- A. AURELI ET AL. (1995) – *Acque sotterranee nell'Oltrepò Pavese: contributi alla valorizzazione delle risorse idriche*. Quaderni delle acque sotterranee Geo-Graph S.n.c. Segrate (MI).
- P. CASATI (1998) – *Acque sotterranee di Lombardia, caratterizzazione chimica e inquinamento*. Dip. Scienze della Terra, Università degli Studi di Milano.
- S. BRENNI ET AL. (2001) – *Carta dei pedopaesaggi della Lombardia scala 1:250.000*. Ersal-Servizio Suolo, Milano.
- A. MONTRASIO ET AL. (1990) – *Carta geologica della Lombardia scala 1:250.000*. Regione Lombardia, C.N.R.
- U. MAINONE ET AL. (1976) – *Contributi preliminari al programma per la conservazione, il recupero e la gestione del patrimonio idrico provinciale*. Amministrazione provinciale di Pavia.
- AIPO (2002) – *Evento meteorologico di novembre 2002*.
- G. BRAGA (1988) – *Le strutture sepolte della pianura pavese e le relative influenze sulle risorse idriche sotterranee*. Atti ticinesi di Scienze della Terra, Pavia.
- G. BENCIOLINI ET AL. (2001) – *Carta pedologica i suoli della pianura pavese centrale*. Ersal, Milano.
- REGIONE LOMBARDIA & ENI-AGIP (2002) – *Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia*. S.EL.CA. (Firenze).
- G. PILLA, E. SACCHI, G. CIANCETTI (2007) – *Studio idrogeologico, idrochimico ed isotopico delle acque sotterranee del settore di pianura dell'Oltrepò Pavese (pianura lombarda meridionale)*. Giornale di Geologia Applicata 59-74.
- REGIONE LOMBARDIA (2014) – *Progetto di piano per la valutazione e la gestione del rischio alluvioni* – rev. 2015. Art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. n. 49 del 23/02/2010;

-
- REGIONE LOMBARDIA (2016) - *Programma di Tutela e Uso delle Acque*. Direzione Generale Servizi di Pubblica Utilità, Unità Organizzativa Risorse Idriche.
 - REGIONE LOMBARDIA – *Banca dati geologica di sottosuolo*.
 - REGIONE LOMBARDIA (2011) – *Studio dei fenomeni franosi innescati a seguito dell'evento del 27-28 aprile 2009 in Oltrepò Pavese e redazione di linee guida per una corretta gestione dei versanti*. Provincia di Pavia, Università degli Studi di Pavia.

5.2. STUDI DI DETTAGLIO

- AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2001) – *Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico*.
- *Area a rischio significativo (ARS) del fiume Po da Torino al mare – Analisi di fattibilità tecnico ed economica per il miglioramento delle condizioni di sicurezza rispetto al sormonto degli argini maestri del fiume Po*.
- ING. M. ALIVERTI (2023) – *Studio comunale di gestione del rischio idraulico*. Comune di Arena Po (PV).
- STUDIO PAOLETTI ET AL. (2008) – *Opere di difesa idraulica dell'abitato di Arena Po (PV), progetto definitivo*. AIPO. Comune di Arena Po.
- DIZETA INGEGNERIA ET AL. (2012) – *Opere di difesa idraulica dell'abitato di Arena Po (PV), progetto esecutivo*. AIPO. Comune di Arena Po.
- DIZETA INGEGNERIA ET AL. (2014) – *Opere di difesa idraulica dell'abitato di Arena Po (PV), progetto esecutivo-variante per opere aggiuntive*. AIPO. Comune di Arena Po.

5.3. DOCUMENTAZIONE SPECIFICA FORNITA DALL'UFFICIO TECNICO COMUNALE

- DOTT. GEOL. F. SACCHI (2010) – *Studio geologico del territorio comunale allegato al Piano di Governo del Territorio*. Comune di Arena Po (PV).
- DOTT. GEOL. G. STROPPA (2010) – *Relazione geologico-geotecnica valvola V8, oleodotto Sannazzaro-Fiorenzuola*. ENI S.p.A.
- DOTT. GEOL. D. CALVI (2003) – *Relazione geologico-tecnica allegata alla richiesta di escavazione di n° 1 pozzo per acqua per uso zootecnico*. Loc. Casa Ratti-comune di Arena Po.
- DOTT. GEOL. M. ARCHILLI (2004) – *Studio idrogeologico inerente un progetto per la ricerca d'acqua e scavo pozzo ad uso irriguo il località Parpanese, al servizio dell'Azienda Agricola "[...]"*. Relazione geologica e tecnica.
- DOTT. GEOL. A. PAGANO (2004) – *Relazione geologico-tecnica per variante di concessione di derivazione da acque sotterranee, uso irriguo*.
- DOTT. GEOL. D. CALVI (2005) – *Relazione tecnica e idrogeologica allegata alla richiesta di variante di concessione di derivazione d'acqua pubblica da n° 1 pozzo per acqua per uso zootecnico*. Loc. Casa Ratti-comune di Arena Po.
- DOTT. GEOL. L. ROSSI (2010) – *Relazione geologica per il progetto definitivo di realizzazione di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica*. Comune di Arena Po (PV).

manovra e regolazione, di un diaframma a parete continua e di varie opere complementari (scolmatori, collettori, chiaviche secondarie, riqualificazione lanca).

Gli interventi ad oggi realizzati corrispondono solo al tratto del “limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C” compreso tra la SP 199 (ponte di Sessa) e l’abitato di Arena Po, mentre per il tratto a monte l’intervento non è stato ancora realizzato. Le opere ad oggi realizzate, tuttavia, risultano idraulicamente indipendenti rispetto a quelle da realizzarsi per il tratto a monte, in quanto i due tratti risultano separati da un limite fisico rappresentato dal rilevato della SP 199 e dal nuovo rilevato arginale da AIPo che contiene le esondazioni provenienti da monte salvaguardando dall’allagamento l’abitato di Arena Po.

L’art. 28 comma 1 delle NdA del PAI stabilisce che, una volta realizzate le opere idrauliche programmate in corrispondenza del “limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C”, i confini della Fascia B si intenderanno definiti in conformità al tracciato dell’opera idraulica eseguita e *“la delibera del Comitato istituzionale dell’Autorità di bacino di presa d’atto del collaudo dell’opera idraulica eseguita varrà come variante automatica del Piano per il tracciamento di cui si tratta”*.

La variante automatica al PAI-Po, conseguente alla presa d’atto del collaudo dell’opera idraulica eseguita, comporta la necessità di procedere (con riguardo al territorio dei Comuni sopra indicati) al conseguente aggiornamento (relativamente agli scenari P2 e P3) delle aree allagabili presenti nel territorio dei comuni medesimi individuate nell’ambito del “Progetto di aggiornamento APSFR arginate”.

Il 16 aprile 2025, con decreto n. 23/2025, il Segretario Generale dell’Autorità di bacino distrettuale del fiume Po prende atto del collaudo tecnico delle opere realizzate in sponda destra dell’asta del fiume Po nei comuni di Arena Po, San Cipriano Po e Portalbera in corrispondenza del “limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C” nell’Elaborato 8 del PAI. Per effetto della presa d’atto le previgenti cartografie dell’Elaborato 8 del PAI relative ai suddetti Comuni sono sostituite da quelle allegate al decreto, come da figura seguente.

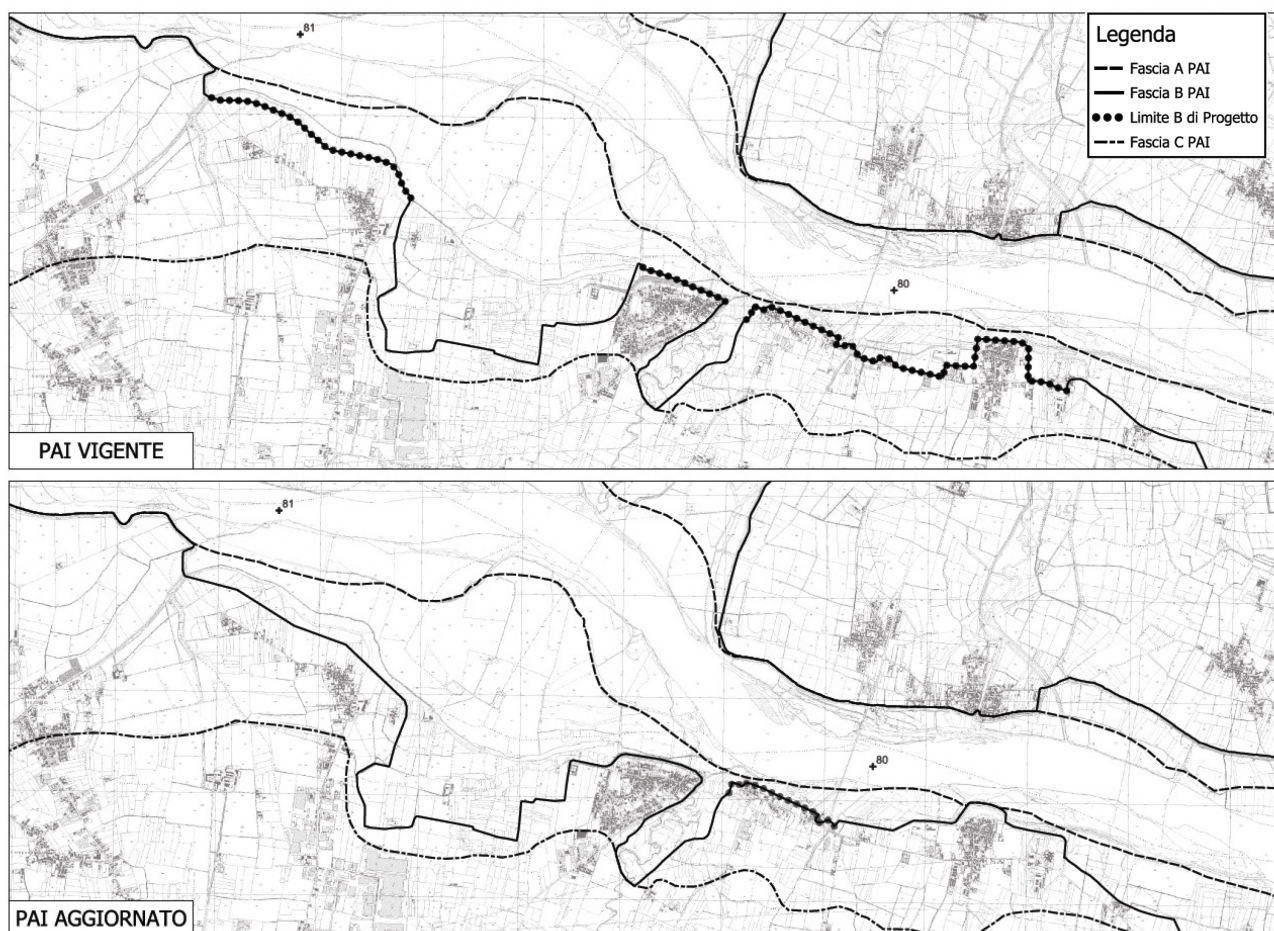


Figura 2. Autorità di bacino distrettuale del fiume Po: Aggiornamento fasce fluviali

5.4.2. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONE (PGRA)

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, predisposto in attuazione del D.Lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE ("Direttiva Alluvioni"), è stato adottato con deliberazione 17 dicembre 2015 n. 4, approvato con deliberazione 3 marzo 2016 n. 2 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po e successivamente con DPCM 27 ottobre 2016.

Il Piano ha come finalità quella di ridurre le conseguenze negative derivanti dalle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali.

A tal fine nel Piano vengono individuate le aree potenzialmente esposte a pericolosità per alluvioni, stimato il grado di rischio al quale sono esposti gli elementi che ricadono entro tali aree allagabili e impostate misure per ridurre il rischio medesimo, suddivise in misure di prevenzione, protezione, preparazione, ritorno alla normalità ed analisi, da attuarsi in maniera integrata.

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, ai sensi dell'art.3 comma 1 del DPCM 27 ottobre 2016, costituisce stralcio funzionale del Piano di Bacino del distretto idrografico padano e ha valore di Piano territoriale di settore. Ai sensi dell'art. 3 comma 3 del DPCM 27 ottobre 2016, le amministrazioni e gli enti pubblici si conformano alle disposizioni del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni in conformità con l'art. 65, commi 4, 5 e 6 del D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152 e successive modificazioni.

In particolare, nell'ambito delle procedure di competenza, le amministrazioni e gli enti pubblici:

- prendono atto dei contenuti del PGRA, in particolare delle mappature della pericolosità e del rischio, delle informazioni associate – relative alle caratteristiche dell'alluvione potenziale – e della normativa vigente su tali aree, già presente nelle N.d.A. del PAI così come approvato con DPCM 24 maggio 2001, introdotta dal nuovo Titolo V delle N.d.A. del PAI nonché delle disposizioni della D.G.R. n. X/6738 del 19 giugno 2017 tenendone conto da subito in sede di attuazione dei propri strumenti pianificatori e in funzione dei loro successivi aggiornamenti e riesami;
- ne veicolano la conoscenza presso i propri portatori di interesse e i cittadini.

Nel comune di Arena Po sono presenti, come indicato nell'allegato 2 della d.g.r. n. X/6738 del 19 giugno 2017 *“Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza [...]”*, aree allagabili per l'ambito territoriale del Reticolo Principale di pianura e di fondovalle (RP), ossia attinenti al fiume Po.

In conseguenza della presa d'atto del collaudo ed alla contestuale Variante automatica del PAI-Po è anche approvata la modifica cartografica delle aree allagabili inerenti agli scenari P2 e P3 relative al territorio dei detti comuni individuate nell'ambito del “Progetto di Aggiornamento delle Mappe delle aree allagabili complessive relativo all'ambito delle APSFR distrettuali arginate Po, Parma, Enza, Secchia, Panaro e Reno” adottato con Decreto del Segretario Generale n. 44 dell'11 aprile 2022. Di conseguenza per i territori di Arena Po, San Cipriano Po e Portalbera (PV) le aree allagabili individuate nella cartografia di cui al citato Progetto sono sostituite da quelle allegate al decreto n.23/2025 del 16/04/2025, come da figura seguente.

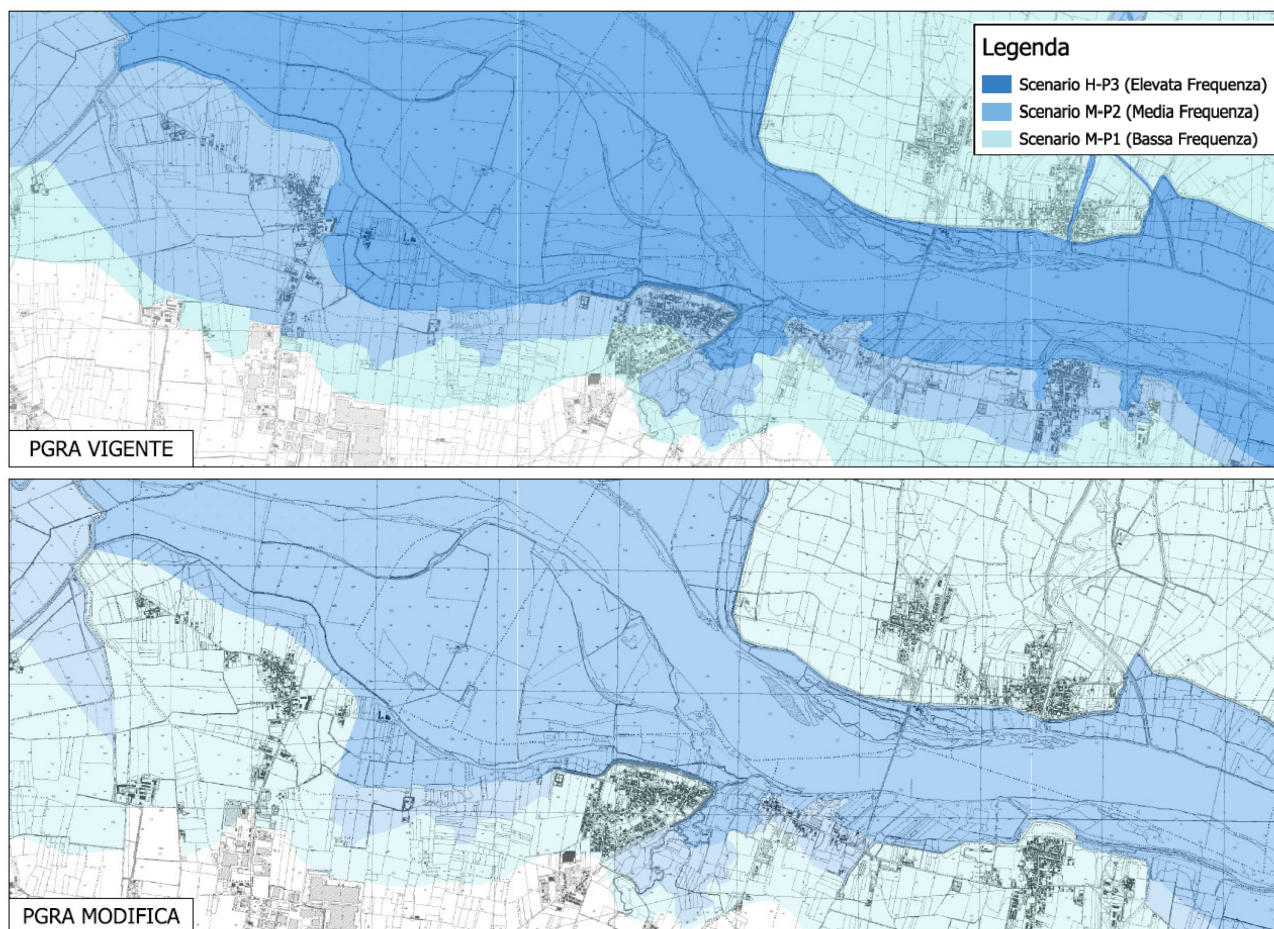


Figura 3. Autorità di bacino distrettuale del fiume Po: Proposta modifica aree allagabili

Nell'allegato 2 della d.g.r. n. X/6738 del 19 giugno 2017 è indicato che il Comune di Arena Po è anche interessato da aree allagabili per l'ambito territoriale del Reticolo Secondario Collinare e Montano (RSCM) derivate da studi di sottobacino idrografico, da eventi alluvionali recenti o segnalate dal comune.

Tuttavia, consultando le mappe di pericolosità del PGRA vigente direttamente dal geoportale regionale, le dette aree allagabili non sono presenti. Le aree allagabili riferite all'ambito RSCM sono delimitate lungo il corso del torrente Versa, ampiamente al di fuori del confine comunale di Arena Po.

5.4.3. PIANO TERRITORIALE REGIONALE (PTR)

Il Piano Territoriale Regionale (PTR), approvato nel 2010 dal Consiglio regionale e modificato dagli aggiornamenti annuali, nonché dall'Integrazione ai sensi della L.R. 31/2014 (dicembre 2015), costituisce *atto fondamentale di indirizzo, agli effetti territoriali, della programmazione di settore della Regione, nonché di orientamento della programmazione e pianificazione territoriale dei comuni e delle province*, come previsto dall'art. 19, comma 1, della L.R. n. 12 del 2005, Legge per il governo del territorio. L'ultimo aggiornamento del PTR è stato approvato con d.c.r. n. 650 del 26/11/2024 (pubblicato sul BURL S.O. n. 50 del 14 dicembre 2024).

La Regione, con il PTR, sulla base dei contenuti del programma regionale di sviluppo e della propria programmazione generale e di settore, indica elementi essenziali del proprio assetto territoriale e definisce altresì, in coerenza con quest'ultimo, i criteri e gli indirizzi per la redazione degli atti di programmazione territoriale di province e comuni. La nuova legislatura regionale, con la D.G.R. n. 367 del 4 luglio 2013, ha dato avvio ad un percorso di revisione del PTR. I documenti ad oggi approvati per avviare tale processo di revisione sono i seguenti:

- Allegato A - "Piano Territoriale Regionale - Un'occasione di rilancio in tempo di crisi", nel quale sono individuati primi elementi di indirizzo;

-
- Allegato B - "Avviso di avvio del percorso di revisione del PTR", pubblicato sul BURL, Serie Avvisi e Concorsi, n. 28 del 10 luglio 2013, nel quale sono indicate le modalità di presentazione delle proposte preventive.

Per quanto attiene agli aspetti paesaggistici, il PTR ha natura ed effetti di piano territoriale paesistico. Le prescrizioni attinenti alla tutela del paesaggio contenute nel PTR sono cogenti per gli strumenti di pianificazione dei comuni, delle città metropolitane, delle province e delle aree protette e sono immediatamente prevalenti sulle disposizioni difformi eventualmente contenute negli strumenti di pianificazione.

Il PTR costituisce atto fondamentale di indirizzo della programmazione di settore della Regione, nonché di orientamento della programmazione e pianificazione territoriale dei comuni e delle province. Inoltre, in applicazione dell'art. 19, comma 2 lett. b della L.R. 12/2005 sul governo del territorio, ha natura ed effetti di piano territoriale paesaggistico, in linea con la "Convenzione Europea del paesaggio" e con il D.Lgs. 42/2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio". In merito al primo aspetto, il Documento di Piano del PTR definisce gli obiettivi di sviluppo socio economico della Lombardia, individuando i tre seguenti macro-obiettivi per la sostenibilità:

- rafforzare la competitività dei territori della Lombardia, dove la competitività è intesa quale capacità di una regione di migliorare la produttività relativa dei fattori di produzione, aumentando in maniera contestuale la qualità della vita dei cittadini. La competitività di una regione è connessa alla localizzazione di competenze specifiche ed alla valorizzazione delle peculiarità del contesto locale, ovvero dalla presenza di risorse di qualità in grado di attrarre e trattenere altre risorse;
- riequilibrare il territorio lombardo, attraverso la riduzione dei disequilibri territoriali e la valorizzazione dei punti di forza del territorio, a compensazione dei punti di debolezza;
- proteggere e valorizzare le risorse della Regione, considerando l'insieme delle risorse ambientali, paesaggistiche, economiche, culturali e sociali che costituiscono la ricchezza della Regione e che devono essere preservate e valorizzate, anche quali fattori di sviluppo.

Nei confronti dei PGT comunali, il PTR assume la stessa valenza prevista per i piani provinciali. La presenza di previsioni del PTR prevalenti sulla strumentazione urbanistica di province e comuni, comporta per tali Enti effetti procedurali rilevanti relativamente all'approvazione dei rispettivi piani (PTCP o PGT), che devono essere adeguati a tali previsioni come condizione di legittimità degli stessi, in particolare i PGT interessati sono assoggettati ad una verifica regionale di corretto recepimento delle previsioni del PTR (L.R. 12/05, art 13, comma 8).

Il comune di Arena Po è inserito all'interno del Sistema territoriale della Pianura Irrigua. La Pianura Irrigua è identificata come la parte di pianura a sud dell'area metropolitana, tra la Lomellina e il Mantovano a sud della linea delle risorgive. Si caratterizza per la morfologia piatta, per la presenza di suoli molto fertili e per l'abbondanza di acque sia superficiali sia di falda.

Un elemento fortemente caratterizzante l'area, o parte dell'area, è l'asta del Po che, costituendo di massima il confine meridionale della Pianura Irrigua lombarda e quindi della regione, ha influenzato la storia della Pianura Irrigua e accomuna i territori di regioni differenti che si affacciano sulle sue sponde.

L'attività agricola è una primaria fonte di consumo di risorse idriche per l'irrigazione: la ricchezza d'acqua della Pianura Irrigua non ha saputo reggere a tale utilizzo indiscriminato di acqua e negli ultimi anni durante la stagione estiva la richiesta di acqua ha superato la disponibilità provocando contese tra gli agricoltori e i gestori delle centrali idroelettriche che trattengono a monte parte dell'acqua dei fiumi.

Inoltre lo sfruttamento agricolo sta evidenziando alcuni problemi di sostenibilità del sistema; in particolare si possono evidenziare problemi legati all'inquinamento prodotto dalle aziende agricole e dovuto alle sostanze chimiche utilizzate in agricoltura che penetrano nel terreno e nella falda diventando una importante fonte di inquinamento dei suoli. Inoltre, gli allevamenti intensivi di bestiame generano problemi ambientali in relazione, soprattutto, allo smaltimento dei reflui zootecnici, che ora sono fonte di attenzione per il recupero e l'utilizzo come fonte energetica ma che, se mal gestiti, possono essere fonte di inquinamento per aria (cattivi odori ed ammoniacale), suolo (accumulo nel terreno di elementi minerali poco solubili, metalli pesanti, fosforo), acque di superficie e di falda (rilascio di nutrienti solubili in eccesso, in particolare nitrati, con possibile compromissione della potabilità e aumento del grado di eutrofizzazione).

La competitività di questi territori, basata sull'equilibrio tra produttività agricola, qualità dell'ambiente e fruizione antropica, dipende direttamente dalla disponibilità della risorsa idrica e dalla tutela dal rischio di esondazioni. Nel corso degli anni si è passati da un'idea di realizzazione di opere di difesa dalle esondazioni dei fiumi, all'idea di

interventi che restituiscano al fiume spazio e respiro, consentendo la laminazione delle acque e l'accumulo temporaneo dell'onda di piena, mentre sono sempre più frequentemente impiegate tecniche di ingegneria naturalistica per la realizzazione delle opere di contenimento. Il mantenimento e il recupero di uno standard di naturalità per gli ambiti fluviali anche in territori coltivati non interessati da aree protette è da perseguire non solo per la conservazione delle emergenze naturalistiche residue, ma anche per un'armoniosa integrazione tra gli elementi del paesaggio fluviale, per la sua fruizione, per il coinvolgimento diretto degli agricoltori ed il riconoscimento del loro ruolo sociale, e si pone come obiettivo il mantenimento di una identità collettiva del territorio fluviale.

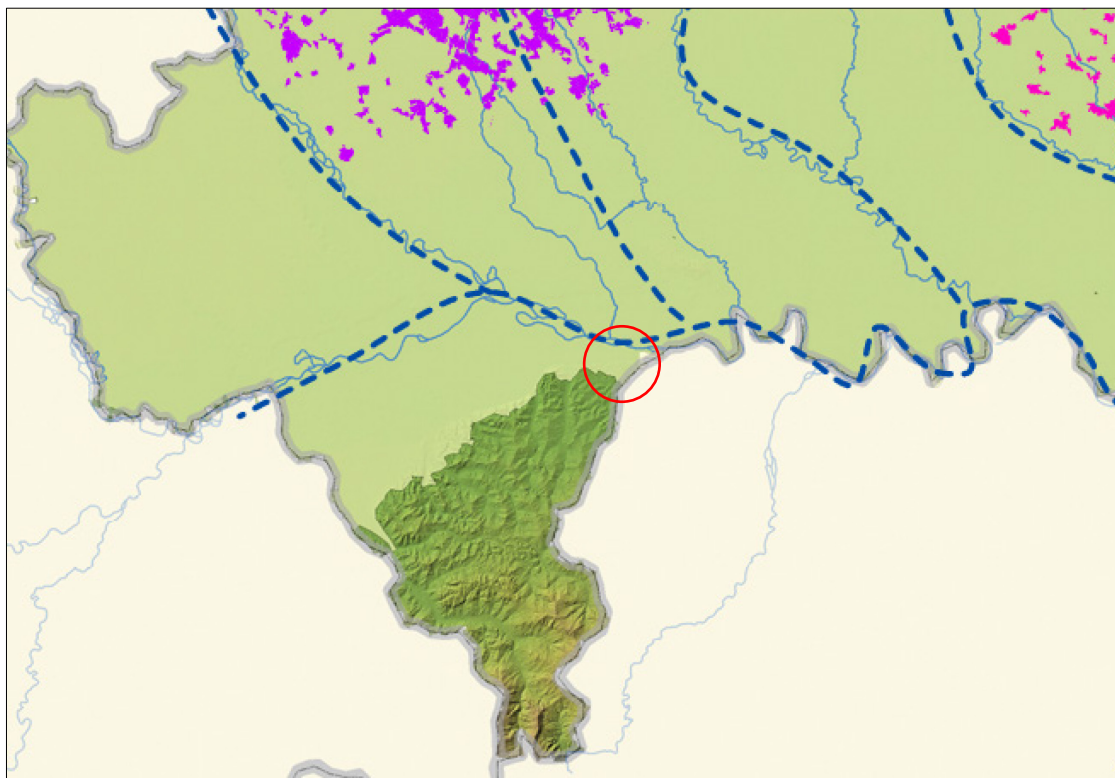


Figura 4. Stralcio Tavola 4 del PTR. I Sistemi Territoriali (il cerchio rosso indica il comune di Arena Po)

Gli obiettivi che il PTR persegue nel Sistema territoriale della Pianura Irrigua sono:

- ST5.1 Garantire un equilibrio tra le attività agricole e zootecniche e la salvaguardia delle risorse ambientali e paesaggistiche, promuovendo la produzione agricola e le tecniche di allevamento a maggior compatibilità ambientale e territoriale (ob. PTR 8, 14, 16);
- ST5.2 Garantire la tutela delle acque ed il sostenibile utilizzo delle risorse idriche per l'agricoltura, in accordo con le determinazioni assunte nell'ambito del Patto per l'Acqua, perseguire la prevenzione del rischio idraulico (ob. PTR 4, 7, 8, 14, 16, 18);
- ST5.3 Tutelare le aree agricole come elemento caratteristico della pianura e come presidio del paesaggio lombardo (ob. PTR 14, 21);
- ST5.4 Promuovere la valorizzazione del patrimonio paesaggistico e culturale del sistema per preservarne e trasmetterne i valori, a beneficio della qualità della vita dei cittadini e come opportunità per l'imprenditoria turistica locale (ob. PTR 10, 18, 19);
- ST5.5 Migliorare l'accessibilità e ridurre l'impatto ambientale del sistema della mobilità, agendo sulle infrastrutture e sul sistema dei trasporti (ob. PTR 2, 3, 4, 7, 8, 9, 13, 17);
- ST5.6 Evitare lo spopolamento delle aree rurali, migliorando le condizioni di lavoro e differenziando le opportunità lavorative (ob. PTR 3,5).

In tema di difesa del suolo il PTR promuove la previsione di “infrastrutture prioritarie per la difesa del suolo”, considerate strategiche ai fini dell'assetto dei bacini, contenute nella tabella “Progetti e studi di riferimento per le previsioni di infrastrutture per la difesa del suolo” di cui alla sezione Strumenti Operativi del PTR, tabella che viene aggiornata ogni anno ex art. 22 LR 12/2005. Si tratta di aree di laminazione fondamentali per la mitigazione dei fenomeni alluvionali, interventi necessari per fare fronte in tempi brevi alle alluvioni.

Il comune di Arena Po, in riferimento alla detta sezione del PTR e aggiornata a dicembre 2024, **NON risulta** interessato da Progetti e studi di riferimento per le previsioni di infrastrutture per la difesa del suolo.

5.4.4. PIANO DI TUTELA E PROGRAMMA DI TUTELA E USO DELLE ACQUE (PTA-PTUA)

Il Piano di Tutela delle Acque (PTA) è lo strumento per regolamentare le risorse idriche in Lombardia, attraverso la pianificazione della tutela qualitativa e quantitativa delle acque. La L.R. n. 26 del 12 dicembre 2003 individua le modalità di approvazione del PTA previsto dalla normativa nazionale. Esso è formato da:

- Atto di Indirizzo, approvato dal Consiglio regionale, che contiene gli indirizzi strategici regionali in tema di pianificazione delle risorse idriche;
- Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA), approvato dalla Giunta regionale, che costituisce, di fatto, il documento di pianificazione e programmazione delle misure necessarie al raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale.

Il PTUA 2016 di Regione Lombardia è stato approvato con D.G.R. n. 6990 del 31 luglio 2017, pubblicata sul Bollettino Ufficiale di Regione Lombardia n. 36, Serie Ordinaria, del 4 settembre 2017. Esso costituisce la revisione del PTUA 2006, approvato con D.G.R. n. 2244 del 29 marzo 2006. A decorrere dal 14 febbraio 2023, è stato messo a disposizione il Rapporto preliminare di assoggettabilità alla VAS.

Vengono di seguito riassunti alcuni aspetti caratteristici del PTUA, focalizzando l'attenzione sul territorio di Arena Po, rimandando agli elaborati del piano per una lettura più approfondita.

Le attività di studio effettuate nell'ambito della revisione del PTUA hanno permesso una suddivisione del territorio regionale in nuovi complessi idrogeologici; sono stati definiti quattro complessi idrogeologici suddivisi in 12 subcomplessi idrogeologici.

Come si osserva dalla figura seguente (riportata nel PTUA 2016 – Elaborato 2), il comune di Arena Po ricade nel complesso idrogeologico dei “Depositi quaternari”.

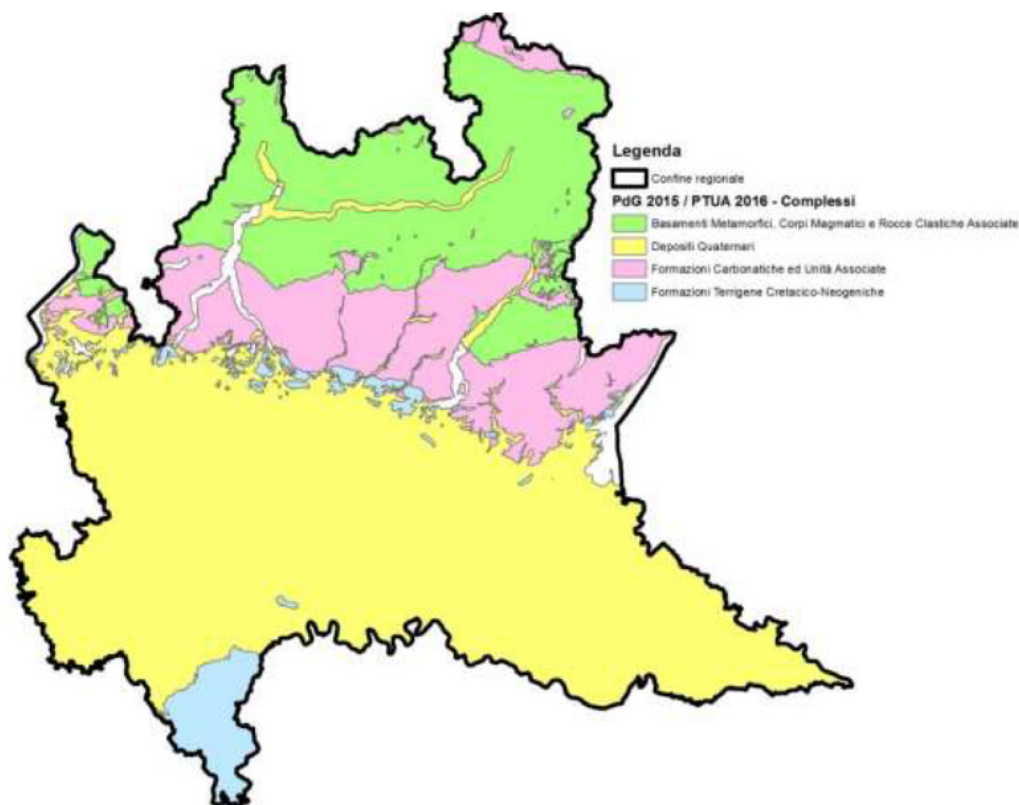


Figura 5. Complessi idrogeologici sotterranei identificati nel Piano di Gestione 2015/PTUA 2016

Questo complesso idrogeologico caratterizza i settori di pianura lombarda e tutti quelli di raccordo tra questi e gli edifici montuosi sudalpini e appenninici. Appartengono a questo complesso idrogeologico anche i nuovi corpi idrici sotterranei degli ambiti di pianura e fondovalle individuati nel PdG 2015 e PTUA 2016.

Questa individuazione è stata effettuata grazie allo studio “Progetto di accompagnamento tecnico-scientifico alla revisione del Piano di Tutela delle Acque”. Approfondimento specialistico relativo ai corpi idrici sotterranei concluso da E'upolisi nel febbraio 2015.

In particolare, l'individuazione dei corpi idrici sotterranei è stata condotta a seguito dell'identificazione delle principali idrostrutture (superficiale, intermedia e profonda) ossia dei principali sistemi idrogeologici definiti dalle relazioni geometriche tra complessi e dalle condizioni di flusso idrico sotterraneo; tali sistemi sono composti da unità con differente litologia ma con simile comportamento idrogeologico cioè simile comportamento in riferimento al flusso idrico sotterraneo.

Queste operazioni hanno permesso di individuare all'interno di ciascun subcomplesso idrogeologico limiti il più possibile oggettivi e riconoscibili (ad esempio corsi d'acqua drenanti di rilevanza regionale o spartiacque idrogeologici) tali da permettere la definizione di corpi idrici sotterranei.

In particolare, la definizione dei limiti drenanti è stata condotta, in analogia a quanto già effettuato in sede di redazione del PTUA 2006, attraverso la ricostruzione delle linee isopiezometriche e l'intersezione delle stesse con i database topografici (punti quotati della Carta Tecnica Regionale e del Progetto Lidar - Light Detection and Raging) e con i livelli delle stazioni idrometrografiche della rete Arpa Lombardia. Tali limiti drenanti, venendo grossomodo a coincidere con i principali fiumi che solcano la pianura padana lombarda. Si è arrivati così alla ricostruzione del modello concettuale della struttura idrogeologica dei settori di pianura e di fondovalle in Lombardia con la definizione di alcuni subcomplessi idrogeologici, ulteriormente suddivisi in modo più specifico in singoli corpi idrici. Tali ricostruzioni mantengono comunque come solido punto di partenza lo studio Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia, condotto tra il 1999 e il 2002 in collaborazione tra Regione Lombardia e Eni-Divisione Agip il quale ha suddiviso i depositi alluvionali della pianura padana lombarda in 4 gruppi acquiferi (A, B, C e D).

Per quanto riguarda le idrostrutture più superficiali, nel settore di pianura in cui ricade il territorio di Arena Po esse sono caratterizzate da uno stato chimico "scarso".

La sintesi degli ulteriori elementi conoscitivi sulle idrostrutture è fornita nel par. 8.1.

5.4.5. PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (PTCP)

La Provincia di Pavia ha approvato la Variante al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) il 23 aprile 2015 con Deliberazione di Consiglio n. 30. La Variante ha poi preso efficacia il 9 settembre 2015 a seguito di pubblicazione sul BURL serie Avvisi e Concorsi n. 37. Il 20 maggio 2016, D.D. n. 432, il PTCP è stato aggiornato. Con delibera del Consiglio Provinciale n.45 del 15 novembre 2023 è stato approvato l'adeguamento del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale al Piano territoriale Regionale integrato ai sensi della l.r. 31/2014 sul consumo di suolo, pubblicato sul BURL n.33 - Serie Avvisi e Concorsi del 14 agosto 2024.

Con il PTCP la provincia definisce gli obiettivi generali relativi all'assetto e alla tutela del proprio territorio connessi ad interessi di livello provinciale o sovracomunale o costituenti attuazione della pianificazione regionale. Il PTCP indirizza la programmazione socio-economica della provincia ed ha efficacia paesaggistico-ambientale; inoltre definisce l'assetto idrogeologico al fine di garantire tutela ambientale e difesa del suolo.

In tema di geologia e rischio idrogeologico il PTCP concorre alla definizione del quadro conoscitivo del territorio provinciale, ne definisce l'assetto idrogeologico, in coerenza con le direttive regionali e dell'Autorità di Bacino, censisce ed identifica cartograficamente le aree soggette a tutela o classificate a rischio idrogeologico e sismico. Pertanto la sua consultazione e lo sviluppo critico del suo contenuto sono ritenuti indispensabili nella stesura degli studi geologici di PGT.

Gli elementi cartografati di carattere geologico allegati agli elaborati di analisi del PTCP, che costituiscono il quadro conoscitivo disponibile a scala provinciale, sono quelli di seguito elencati:

- **GEOLOGIA:** sono rappresentate, come tratto dal vigente Piano Cave Provinciale, le principali unità litologiche affioranti e i principali elementi geomorfologici della pianura. Il territorio provinciale è altresì suddiviso in unità a differente comportamento idrogeologico e riportati i principali dati idrogeologici quali isofreatiche, pozzi, sorgenti e fontanili, etc.).
- **SISMICITÀ:** è rappresentata la classificazione sismica dei comuni secondo quanto definito dall'OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003 e recepito con d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003 (aggiornato con d.g.r. n. X/2129 del 11/07/2014, oltre alle massime intensità macrosismiche osservate nella Provincia di Pavia.
- **DISSESTO IDROGEOLOGICO:** sono rappresentate tutte le forme di dissesto idrogeologico quali aree soggette a rischio idraulico, i dissesti lungo le aste dei corsi d'acqua, i trasporti di massa sui conoidi e le frane, così come segnalate da diverse fonti ossia dall'Autorità di Bacino PAI-Po, dal CNR, GNDICI, progetto centri abitati instabili della provincia di Pavia e dall'inventario frane e dissesti-geoIFFI. È inoltre riportato il censimento effettuato dalla Divisione LL.PP. e Protezione Civile, Settore Lavori Pubblici della Provincia di Pavia delle situazioni di dissesto che hanno interessato la viabilità provinciale a seguito degli eventi meteorologici di agosto 2007, febbraio ed aprile 2009).
In cartografia è riportato anche, in forma tabellare, per ogni comune della provincia, la classe di rischio e la tipologia di dissesto secondo quanto definito dal vigente Piano Stralcio di Bacino PAI-Po.
In ultimo sono rappresentati i comuni comprendenti aree a rischio idrogeologico molto elevato, lo stato di avanzamento dell'iter di adeguamento al PAI di cui all'art. 18 delle Nda PAI e i comuni per i quali sono disponibili studi di fattibilità e sistemazione idrogeologica come da d.g.r. n. IX/2616/2011.
- **PREVISIONI DEL VIGENTE PIANO PROVINCIALE DELLE CAVE, CATASTO CAVE CESSATE E ATTUALE SITUAZIONE IMPIANTISTICA DI GESTIONE DEI RIFIUTI:** sono individuate le previsioni del vigente Piano Provinciale delle Cave (ATE, cave cessate e di recupero) e censiti gli impianti per il trattamento, recupero e smaltimento dei rifiuti sia urbani sia speciali, le cui tipologie sono riportati in apposita tabella (dati del vigente Piano Provinciale di Gestione dei Rifiuti).
- **PERIMETRAZIONE E CLASSIFICAZIONE GEOSITI:** sono riportati i geositi presenti sul territorio suddivisi in funzione della loro definizione spaziale, a cui corrispondono differenti indirizzi di tutela anche da considerare ed approfondire nella pianificazione urbanistica di livello comunale. Per la definizione degli stessi si è fatto

riferimento alla DGR 30 novembre 2011, n. IX/2616, alla pubblicazione “I Geositi della Provincia di Pavia” (Provincia di Pavia, 2005, a cura di L. Pellegrini e P.L. Vercesi) e all'allegato 14 del vigente Piano Cave della Provincia di Pavia.

Dalla consultazione delle tavole allegate al PTCP vigente, focalizzando l'attenzione sul territorio di Arena Po, si deduce quanto segue: il territorio in oggetto, in riferimento al progetto IFFI (aggiornamento 2019) non è interessato da forme e processi di dissesto. Allo stato attuale risulta concluso lo stato di attuazione dell'iter di aggiornamento dell'Elaborato 2 del PAI di cui all'art. 18 delle NdA del PAI.

Il comune di Arena Po risulta in zona sismica 3 con $A_{g_{max}}$ pari a 0,093429; la caratterizzazione sismica di I Livello, come derivata dal vigente studio geologico comunale, vede il territorio di Arena Po in parte soggetto ad amplificazioni litologiche e geometriche (scenario di pericolosità sismica locale Z4a) e in parte soggetto a cedimenti e/o liquefazioni (scenario di pericolosità sismica locale Z2).

In merito alla pianificazione di bacino PAI-PGRA, come tra l'altro descritto nel precedente paragrafo, sono presenti, oltre alle Fasce Fluviali del Po, aree allagabili PGRA per l'ambito territoriale del Reticolo Principale di pianura e di fondovalle ossia aree interessate da alluvioni frequenti (P3/H), poco frequenti (P2/M) e rare (P1/L).

Dal punto di vista idrogeologico il comune di Arena Po ricade, con riferimento al PTUA 2016, nell'ambito del corpo idrico sotterraneo superficiale di Media Pianura Bacino Oltrepò Pavese ovvero in area di ricarica dell'idrostruttura sotterranea superficiale (ISS), oltre che nella classificata macroarea di riserva. Una parte del comune ossia quello posto nella fascia della piana alluvionale recente del Po è caratterizzata da vulnerabilità da nitrati di origine agricola. La criticità idraulica, secondo quanto stabilito nel r.r. n. 7 del 23/11/2017 e s.m.i. in tema di invarianza idraulica ed idrologica, è di grado medio (B).

Si rimanda comunque alla lettura delle tavole contenute nell'Allegato R2 “Aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del PTCP” anno 2023.

5.4.6. PIANO PROVINCIALE CAVE

Il Piano Cave della Provincia di Pavia attualmente vigente è stato approvato con D.c.r. n. X/1491 del 11 aprile 2017; il medesimo è stato aggiornato con variante approvata con D.c.r. n. XI/1821 del 16 marzo 2021.

La consultazione degli elaborati del piano evidenzia che in Arena Po è stato inserito l'ambito estrattivo ATE a97 – settore merceologico argilla, ubicato in località Cascina Novo. Di seguito si propone la scheda d'ambito.

ATE a97

Settore merceologico: argilla

Comune/i	Arena Po località Cascina Novo
Bacino di produzione	-
Sezione CTR 1:10000	B8d1
Materiale	Limi sabbiosi e limi argillosi

Proposta di nuovo inserimento

Superficie ATE	125.000 m ²
Superficie area estrattiva	95.000 m ²
Volume	500.000 m ³
Volume residuo	-
Anni di autonomia	10
Stato di attivazione	nuovo inserimento

Analisi e lettura del contesto		in adiacenza a centri abitati
		-
Coltivazione	Metodologia	Coltivazione con livellamento morfologico
	Prescrizioni	Le operazioni di scavo non dovranno comportare modifiche sulla rete di canalizzazione locale, difatti nei confronti del rio Pizzarotta e del rio Sanguinale a deflusso stagionale saranno garantiti franchi di 5 m dall'orlo delle scarpate. Dovrà inoltre essere prevista una fascia di mitigazione ambientale e paesaggistica sui lati est e ovest dell'ambito e a sud in fregio alla SS10.
Recupero ambientale	Destinazione d'uso finale	agricola
	Prescrizioni	il progetto d'ambito dovrà prevedere un progetto di recupero complessivo idoneo a restituire, per lotti definitivi e per fasi temporali successive, l'intera area all'ambiente locale, d'intesa con l'Amministrazione comunale.

Indice di criticità ambientale (rev)	35
--------------------------------------	----

Prescrizioni progetto di gestione	Il progetto d'ambito dovrà prevedere un progetto complessivo di esercizio e recupero per lotti definiti e per fasi temporali successive che restituisca l'intera area all'ambiente locale, d'intesa con l'Amministrazione comunale e, comunque, che subordini l'apertura di nuovi lotti alla certificazione dell'avvenuto recupero dei lotti precedentemente individuati.
-----------------------------------	---

5.4.7. STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

Il comune di Arena Po è censito in Area B (media criticità idraulica) secondo l'Allegato B del r.r. 7/2017 e s.m.i., motivo per cui si è dotato di Studio comunale di gestione del rischio idraulico, redatto dall'ing. Aliverti, di cui all'art. 14 comma 7 del regolamento regionale.

Nel seguito si riportano i passaggi principali del detto studio, rimandando alla lettura del documento originale per i dovuti dettagli.

Una prima identificazione delle aree a pericolosità idraulica presenti sul territorio comunale è stata eseguita consultando tutti gli atti pianificatori, nello specifico quelli relativi alla pianificazione di bacino PAI e PGRA.

L'analisi degli allagamenti per effetto della conformazione morfologica del territorio mette in luce che *“il fiume Po, in occasione delle piene, rappresenta un ostacolo al deflusso dei colatori secondari. Parimenti anche la stessa nuova arginatura ha rappresentato un impedimento al naturale deflusso dei suddetti colatori. Quest'ultimi, avendo alvei “a debole pendenza”, provocano criticità idrauliche da valle verso monte innescando profili di rigurgito e conseguenti allagamenti. Tale criticità è stata mitigata prevedendo, in primis, l'ottimizzazione del reticolo di drenaggio superficiale, attraverso un aumento dell'entità della diversione delle portate scolmate e convogliate all'esterno dell'area sottesa”* alla nuova arginatura in destra Po *“(con particolare riferimento al rio Rile e al rio Cardanile)”*.

“La realizzazione della nuova arginatura in destra Po, la riattivazione della lanca di Po prospiciente l'abitato, l'ottimizzazione del reticolo di drenaggio superficiale e una serie di opere complementari - soprattutto in località Frega, Sabbina, Gerolo, Monteacuto ed il limite Ovest dell'abitato del Capoluogo comunale - ha comportato una risoluzione pressochè totale delle annose criticità di tipo idraulico che interessavano le aree maggiormente abitate (a tal proposito è opportuno ricordare come la quota di progetto della sommità arginale a difesa del capoluogo vari da +63.20 m.s.l.m. a +62.93 m.s.l.m., cioè risulti superiore di circa 1,30÷1,50 m rispetto al livello di piena duecentennale +61,70 m.s.l.m.)”.

A riguardo delle criticità legate alla rete di drenaggio urbano viene nello studio evidenziato *“come allo stato attuale non ci siano settori del territorio comunale interessati da evidenti fenomeni di allagamento dovuti a criticità della rete fognaria comunale. Le sole criticità idrauliche connesse con il sistema comunale si manifestavano fino a qualche anno fa' nelle sole aree abitate del capoluogo e saltuariamente in Frazione Ripaldina, all'altezza del crocevia tra la SP.144, via Ripaldina Sopra e via Botteghino.*

Tuttavia, per quanto riguarda le prime, pare che esse siano completamente rientrate a seguito della realizzazione degli interventi di regimazione dei colatori e di difesa idraulica del capoluogo di cui al CAP.5 della presente trattazione. Per quanto riguarda le seconde è auspicabile realizzare interventi strutturali mirati alla risoluzione delle criticità idrauliche che si manifestano saltuariamente al verificarsi di intensi eventi meteorici, specie in corrispondenza del crocevia tra la SP.144, via Ripaldina Sopra e via Botteghino”.

6.0. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Quanto descritto di seguito riprende per buona parte quanto già descritto nel precedente studio geologico, ritenendolo esaustivo per la caratterizzazione geologica e geomorfologica del territorio comunale; solo all'occorrenza si è proceduto ad integrare con considerazioni e approfondimenti operati nel corso della stesura del presente aggiornamento allo studio geologico.

6.1. CONCETTI GENERALI: LA FORMAZIONE DELLA PIANURA

La Pianura Padana è costituita da una successione plio-quadernaria di ambiente marino e continentale, con spessori dell'ordine delle migliaia di metri, ricoprente in discordanza un substrato deformato, costituito da rocce carbonatiche e terrigene mesozoico-eoceniche e da depositi oligo-miocenici.

Essa comincia a delinarsi alla fine del Pliocene, quando nel braccio di mare Adriatico, che allora giungeva a lambire i piedi delle Alpi occidentali, si accumulano, su un complesso prevalentemente argilloso di origine marina, materiali provenienti, attraverso i fiumi, dalle catene di neoformazione.

A partire dal Pleistocene, e durante tutto il Quaternario, l'evoluzione geologica dell'area è il risultato dei fenomeni di sollevamento che hanno comportato il passaggio da condizioni ambientali marine a quelle continentali con la deposizione di sedimenti via via più grossolani. Le fasi di espansione e regressione dei ghiacciai succedutesi in età quadernaria, oltre che l'azione di erosione, trasporto e deposizione da parte di corsi d'acqua hanno determinato la formazione di depositi morenici nella parte alta della pianura padana, fluvio-glaciali nella sua parte centrale e fluviali nella parte bassa.

Durante le fasi di espansione, i ghiacciai hanno originato le grandi cerchie moreniche che man mano si sono accumulate ai piedi dei rilievi prealpini; nelle fasi di ritiro, i torrenti e le fiumane hanno invece eroso buona parte di questi accumuli, trasportando a valle grandi quantità di materiale, dai ciottoli più grandi al limo più fine, colmando progressivamente il bacino padano-adriatico.

Ad ogni stadio interglaciale, la forza erosiva dei corsi d'acqua ha causato l'incisione e la rimozione dei sedimenti fluviali precedentemente depositi con la formazione di sistemi di terrazzi in corrispondenza dei nuovi percorsi fluviali all'interno della pianura.

Da un punto di vista geomorfologico, la Pianura lombarda può essere suddivisa in tre settori: il primo settore corrisponde all'alta Pianura, caratterizzata dalla presenza di più ordini di terrazzi costituiti da depositi fluvio-glaciali e alluvionali, generati dall'azione erosiva e di deposito operata dalle fiumane che fuoriuscivano dalle lingue glaciali. Il settore di media pianura compreso tra la linea superiore e quella inferiore dei fontanili (o risorgive), si sviluppa secondo un piano debolmente inclinato verso sud ed è costituito da depositi fluvio-glaciali recenti (Diluvium recente), localmente interrotti dalle alluvioni dei corsi d'acqua principali.

Il terzo settore infine è quello della bassa Pianura, che si trova a sud della linea inferiore dei fontanili; è costituito da alluvioni fini ed è caratterizzato da una morfologia piatta ed uniforme.

6.2. CARATTERI GEOLOGICI LOCALI

Come si desume dall'analisi della carta geologica F°59 PAVIA nonché dalla Carta Geologica della Lombardia, il territorio comunale risulta impostato su depositi alluvionali di età quadernaria in giacitura sub orizzontale che ricoprono in discordanza un substrato marino leggermente piegato e fagliato fisicamente collegato alle strutture affioranti nella vicina area collinare di San Colombano.

Le litologie esterne all'alveo del Po sono costituite da depositi fluviale di età Pleistocene medio superiore, caratterizzati da materiali a granulometria prevalentemente fini di tipo limo-sabbioso e limo-argilloso.

In profondità sono invece presenti litologie più grossolane che vanno dalle sabbie alle sabbie ghiaiose che sono sede della falda freatica.

Sono quindi alternanze di limi, sabbie e subordinatamente ghiaie, il cui grado di alterazione aumenta in rapporto all'età dei depositi. Così ad esempio i terrazzi più alti del pleistocene antico presentano sabbie alterate frammiste a limi ferrettizzati.

Questi terreni alluvionali, la cui genesi ed il cui terrazzamento sono imputabili alle alterne fasi deposizionali ed erosive del Po, giacciono direttamente sui sedimenti del substrato marino che si rinviene mediamente alla profondità di 15 – 20 metri.

Le strutture geologiche presenti sono rappresentate da un alto strutturale sepolto denominato anticlinale di Ripaldina delimitato a Nord dalla faglia inversa di Arena Po, l'andamento di queste strutture divergono ad Ovest del territorio di Arena Po mentre corrono quasi parallele al fiume nella parte Est.

6.3. CARATTERI PEDOLOGICI

Il suolo costituisce un corpo naturale posto all'interfaccia tra atmosfera e geosfera, la cui evoluzione è guidata dall'azione concomitante di una serie di fattori che possono essere sostanzialmente ricondotti a: clima, geologia (substrato e morfologia), fattori biotici e antropici e tempo (età dei depositi).

Differenti combinazioni di questi fattori portano a differenti situazioni ambientali (pedopaesaggi) in cui si differenziano varie tipologie di suoli.

Le informazioni sui suoli in area lombarda derivano, prevalentemente, dagli studi promossi dall'ERSAL (Ente di Sviluppo Agricolo Lombardia, ora confluito in ERSAF) a partire dal 1985.

Il territorio di Arena Po, come osservabile in figura sottostante, è caratterizzato dalla presenza di otto unità tipologiche di suolo, di seguito descritte.

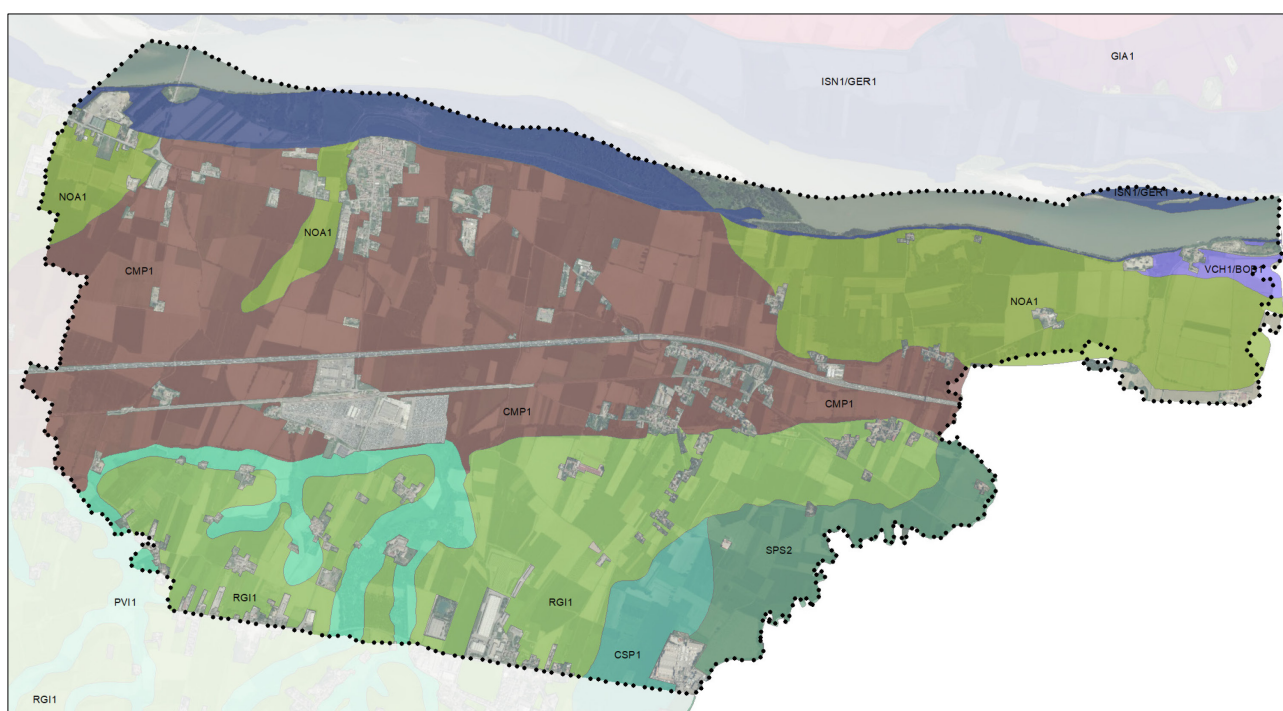


Figura 6. Stralcio Carta dei suoli della pianura Lombarda alla scala 1:50.000 (ERSAF-Regione Lombardia)

UNITÀ TIPOLOGICA DI SUOLO ISN1/GER1: l'unità è diffusa lungo la valle del Po; è caratterizzata da superfici con morfologia depressa poste alla quota media di 75 m s.l.m. e con pendenza media pari a circa 1%. Tale unità presenta pietrosità superficiale scarsa o nulla, con rischio d'inondazione elevato. Il parent material è costituito da depositi alluvionali grossolani mentre il substrato è formato essenzialmente da sabbie limose. Il principale uso del suolo è rappresentato dai pioppeti e dai cereali tipo mais.

I suoli ISN1 sono molto profondi, presentano permeabilità moderata e drenaggio mediocre o buono, tessitura grossolana o moderatamente grossolana e scheletro assente. Sono suoli moderatamente calcarei, a reazione alcalina. I suoli ISN1, adatti all'agricoltura, presentano tuttavia limitazioni molto severe legate alla presenza di acqua nel profilo, tali da ridurre frasticamente la scelta delle colture e da richiedere accurate pratiche di coltivazione; sono poco adatti allo spandimento di liquami zootecnici e sono non adatti allo spandimento di fanghi di depurazione, con limitazioni legate all'inondabilità; hanno capacità protettiva moderata per le acque profonde e bassa per quelle superficiali, con limitazioni legate all'inondabilità e alla permeabilità; possiedono un basso valore naturalistico.

I suoli GER1 sono profondi, presentano permeabilità elevata e drenaggio buono, tessitura grossolana e scheletro assente. Sono suoli moderatamente calcarei, a reazione molto alcalina. I suoli GER1, adatti all'agricoltura,

presentano tuttavia limitazioni molto severe legate alla presenza di acqua nel profilo, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere accurate pratiche di coltivazione; sono poco adatti allo spandimento di liquami zootecnici e sono non adatti allo spandimento di fanghi di depurazione, con limitazioni legate alla permeabilità, alla granulometria, all'inondabilità; hanno capacità protettiva bassa per le acque profonde e superficiali, con limitazioni legate all'inondabilità, alla permeabilità e alla granulometria; possiedono un basso valore naturalistico.

UNITÀ TIPOLOGICA DI SUOLO VCH1/BOB1: l'unità è diffusa su tutta la valle del Po tuttavia limitata al settore orientale del territorio di Arena Po. Presenta superfici con morfologia pianeggiante (piana di esondazione) poste alla quota media di 91 m s.l.m. e con pendenza media praticamente nulla. Tale unità cartografica è caratterizzata da pietrosità superficiale scarsa o nulla, con rischio d'inondazione lieve. Il parent material è costituito da depositi alluvionali grossolani mentre il substrato è formato essenzialmente da sabbie calcaree, poco gradate. Il principale uso del suolo è rappresentato dai pioppeti, seminativi avvicendati.

I suoli VCH1 sono molto profondi, presentano permeabilità moderatamente elevata e drenaggio moderatamente rapido, tessitura grossolana e scheletro assente. Sono suoli moderatamente calcarei a reazione alcalina (subalcalina in superficie). I suoli VCH1, adatti all'agricoltura, presentano moderate limitazioni legate alla presenza di acqua nel profilo e a caratteristiche negative del suolo che richiedono una opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative; sono poco adatti allo spandimento di liquami zootecnici e sono non adatti allo spandimento di fanghi di depurazione, con limitazioni legate alla granulometria e a pH e CSC; hanno capacità protettiva bassa per le acque profonde e elevata per quelle superficiali, con limitazioni legate , alla permeabilità e alla granulometria; possiedono un basso valore naturalistico.

I suoli BOB1 sono profondi o molto profondi, presentano permeabilità moderatamente bassa e drenaggio lento, tessitura moderatamente grossolana e scheletro assente. Sono suoli da non calcarei a scarsamente calcarei in superficie e moderatamente calcarei in profondità, a reazione neutra (alcalina in profondità). I suoli BOB1, adatti all'agricoltura, presentano tuttavia severe limitazioni legate alla presenza di acqua nel profilo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative; sono moderatamente adatti allo spandimento di liquami zootecnici e sono poco adatti allo spandimento di fanghi di depurazione, con limitazioni legate alla granulometria, all'inondabilità e a pH e CSC; hanno capacità protettiva moderata per le acque profonde e superficiali, con limitazioni legate all'idrologia, al runoff e alla granulometria; possiedono un basso valore naturalistico.

UNITÀ TIPOLOGICA DI SUOLO NOA1: l'unità è diffusa nella Pianura dell'Oltrepò Pavese. Le superfici sono caratterizzate da morfologia lievemente depressa poste alla quota media di 66 m s.l.m. e con pendenza media praticamente nulla. Tale unità cartografica presenta pietrosità superficiale scarsa o nulla. Il parent material è costituito da depositi fluviali moderatamente fini mentre il substrato è formato essenzialmente da limi o da argille. Il principale uso del suolo è rappresentato dai seminativi avvicendati (cereali tipo frumento).

I suoli NOA1 sono molto profondi, presentano permeabilità moderatamente bassa e drenaggio mediocre, tessitura fine e scheletro assente. Sono suoli scarsamente calcarei in superficie e calcarei in profondità, a reazione neutra in superficie ed alcalina in profondità. Sono adatti all'agricoltura, presentano moderate limitazioni legate alla presenza di acqua nel profilo e a caratteristiche negative del suolo che richiedono una opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative; sono molto adatti allo spandimento di liquami zootecnici e sono moderatamente adatti allo spandimento di fanghi di depurazione, con limitazioni legate a pH e CSC; hanno capacità protettiva elevata per le acque profonde e moderata per quelle superficiali, con limitazioni legate all'idrologia, al runoff; possiedono un moderato valore naturalistico.

UNITÀ TIPOLOGICA DI SUOLO CMP1: l'unità è diffusa essenzialmente nella porzione orientale della Pianura dell'Oltrepò Pavese. Le superfici sono caratterizzate da morfologia pianeggiante (piana alluvionale aperta, paleosuperfici molto debolmente ondulate) poste alla quota media di 65 m s.l.m. e con pendenza media praticamente nulla. Tale unità cartografica presenta pietrosità superficiale scarsa o nulla. Il parent material è costituito da depositi fluvio-glaciali medi mentre il substrato è formato essenzialmente da limi con sabbia. Il principale uso del suolo è rappresentato dai seminativi avvicendati (cereali tipo mais).

I suoli CMP1 sono molto profondi, presentano permeabilità moderata e drenaggio buono, tessitura media e scheletro in genere assente. Sono suoli non calcarei in superficie e calcarei in profondità, a reazione neutra in superficie ed alcalina in profondità, con tasso di saturazione in basi medio in superficie e alto in profondità. Sono adatti all'agricoltura, presentano moderate limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo che richiedono una opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative; sono molto adatti allo spandimento di liquami zootecnici e sono moderatamente adatti allo spandimento di fanghi di depurazione, con limitazioni legate a pH e CSC; hanno capacità protettiva moderata per le acque profonde e superficiali, con limitazioni legate all'idrologia e alla permeabilità; possiedono un basso valore naturalistico.

UNITÀ TIPOLOGICA DI SUOLO PVI1: l'unità è diffusa nella porzione orientale dei terrazzi dell'Oltrepò Pavese. È caratterizzata da superfici con morfologia a versante colluviale poste alla quota media di 95 m s.l.m. e con pendenza media pari a circa 18%. Tale unità cartografica presenta pietrosità superficiale scarsa o nulla e rischio d'erosione debole. Il parent material è costituito da depositi fluvio-glaciali fini mentre il substrato è formato essenzialmente da limi sabbiosi. Il principale uso del suolo è rappresentato dai seminativi avvicendati, colture foraggiere, vigneti.

I suoli PVI1 sono molto profondi, presentano permeabilità moderatamente bassa e drenaggio mediocre, tessitura moderatamente fine e scheletro in genere assente. Sono suoli scarsamente calcarei in superficie e calcarei in profondità, a reazione alcalina, con tasso di saturazione in basi alto. Sono suoli adatti all'agricoltura, presentano tuttavia limitazioni molto severe legate al rischio di erosione, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere accurate pratiche di coltivazione; sono non adatti allo spandimento di liquami zootecnici e allo spandimento di fanghi di depurazione, con limitazioni legate alla pendenza; hanno capacità protettiva elevata per le acque profonde e bassa per quelle superficiali, con limitazioni legate al runoff; possiedono un basso valore naturalistico.

UNITÀ TIPOLOGICA DI SUOLO RGI1: l'unità è ampiamente diffusa su tutti i Terrazzi dell'Oltrepò Pavese, sia nelle porzioni occidentali sia in quella orientale. Presenta superfici caratterizzate da morfologia subpianeggiante o convessa poste alla quota media di 130 m s.l.m. e con pendenza media pari al 6%. Tale unità cartografica presenta pietrosità superficiale scarsa o nulla. Il parent material è costituito da depositi fluvio-glaciali medi e fini mentre il substrato è formato essenzialmente da argille. Il principale uso del suolo è rappresentato dai vigneti e dai seminativi avvicendati.

I suoli RGI1 sono molto profondi e presentano a profondità superiori a 150 cm, orizzonti a tessitura fine massivi. Hanno permeabilità bassa e drenaggio mediocre, tessitura media e scheletro assente. Sono suoli non calcarei a reazione subalcalina, con tasso di saturazione in basi alto. Sono suoli adatti all'agricoltura, presentano tuttavia severe limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative; sono poco adatti allo spandimento di liquami zootecnici e sono moderatamente adatti allo spandimento di fanghi di depurazione, con limitazioni legate all'idrologia e alla pendenza; hanno capacità protettiva elevata per le acque profonde e bassa per quelle superficiali, con limitazioni legate all'idrologia, al runoff; possiedono un moderato valore naturalistico.

UNITÀ TIPOLOGICA DI SUOLO CSP1: l'unità è localizzata principalmente nella porzione nord orientale della Montagna Appenninica. È caratterizzata da superfici pianeggianti poste alla quota media di 80 m s.l.m. e con pendenza media pari al 4%. Tale unità cartografica presenta pietrosità superficiale scarsa o nulla. Il parent material è costituito da depositi fluviali medi mentre il substrato è formato essenzialmente da argille con sabbia. Il principale uso del suolo è rappresentato dai seminativi avvicendati e dai vigneti.

I suoli CSP1 sono molto profondi, a tessitura media in superficie, fine in profondità e scheletro assente; presentano permeabilità moderatamente bassa e drenaggio mediocre. Sono suoli non calcarei, a reazione neutra, con tasso di saturazione in basi medio in superficie e alto in profondità. Sono suoli adatti all'agricoltura, presentano tuttavia severe limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative; sono molto adatti allo spandimento di liquami zootecnici e sono poco adatti allo spandimento di fanghi di depurazione, con limitazioni legate a pH e CSC; hanno capacità protettiva elevata per le acque profonde e moderata per quelle superficiali, con limitazioni legate all'idrologia, al runoff; possiedono un basso valore naturalistico.

UNITÀ TIPOLOGICA DI SUOLO SPS2: l'unità è localizzata nella porzione occidentale del sottoambito della Montagna Appenninica. Caratterizza il tratto distale dei fondivalle internontani dei principali corsi d'acqua appenninici, situati alla quota media di circa 130 m s.l.m. e con pendenze medie prossime al 5% o inferiori (con esposizione prevalente a est). La pietrosità superficiale è scarsa o nulla e rischio d'erosione debole. Il parent material è costituito da limi e sabbie di deposizione fluviale. I suoli sono usati principalmente a vigneti e seminativi avvicendati.

I suoli SPS2 sono moderatamente profondi, limitati da orizzonti massivi, hanno permeabilità moderatamente bassa e drenaggio buono, tessitura media e scheletro scarso. Sono suoli molto calcarei a reazione molto alcalina, con tasso di saturazione in basi alto. Sono suoli adatti all'agricoltura, presentano moderate limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo e al rischio di erosione che richiedono una opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative; sono moderatamente adatti allo spandimento di liquami zootecnici e sono molto adatti allo spandimento di fanghi di depurazione, con limitazioni legate alla profondità della falda, all'idrologia; hanno capacità protettiva elevata per le acque profonde e moderata per quelle superficiali, con limitazioni legate all'idrologia, al runoff; possiedono un basso valore naturalistico.

6.4. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Il territorio di Arena Po si colloca nella bassa Pianura Pavese a Sud del Fiume Po. Gli elementi geomorfologici presenti sul territorio di Arena Po, trovandoci in una pianura alluvionale, sono essenzialmente legati alla dinamica fluviale del fiume Po e dei suoi affluenti. Anche l'attività antropica ha modellato, in modo non eccessivo, il territorio comunale. Questi fenomeni morfologici, quali le scarpate dei corsi d'acque e quelle antropiche sono ormai consolidate, gli stessi corsi d'acqua sono ormai regimati e controllati nel loro alveo con assogliamenti e rettifiche di tracciato. Lo stesso Po in gran parte del territorio comunale presenta, sulla scarpata che delimita l'alveo di piena ordinaria, difese spondali con massi ciclopici.

Altimetricamente il territorio è posto tra le quote di 53,0 e 72,0 m s.l.m..

Il territorio comunale è suddivisibile in due distinti ambiti morfologici (cfr. Tav. CG02): una zona rilevata (pianalto) delle antiche piane fluviali, caratterizzata da una morfologia dolce e tagliata da le incisioni vallive dello scolo Rile e dello scolo Cardanile. Il limite settentrionale è marcato da una evidente scarpata a pendenza da moderata a bassa, che diventa meno pronunciata nel suo limite orientale.

Buona parte del territorio comunale si presenta pianeggiante, debolmente progradante verso nord nord-est, rappresentando le recenti e attuali piane fluviali e fluvioglaciali.

Non si rilevano situazioni di dissesto in atto se non localizzati solchi di erosione concentrata che incidono il versante del pianalto. Sono tuttavia riconoscibili, analizzando il Modello Digitale del Terreno LiDAR 1x1m, forme relitte ovvero paleoforme come antiche conoidi alluvionali nella zona di raccordo tra l'ambito di pianalto e l'antistante pianura alluvionale e forme riconducibili a paleoalvei.

7.0. IDROGRAFIA SUPERFICIALE

La rete idrografica del Comune di Arena Po, riportata sulla Carta dei vincoli è costituita principalmente dal fiume Po, che scorre lungo il confine settentrionale.

Ulteriori corsi d'acqua sono soprattutto colatori che arrivano dalle limitrofe colline e in minor numero fossi adibiti all'irrigazione. La qualità dell'acqua dei corsi di Arena Po non è delle migliori, ma la recente politica di riqualificazione sta portando dei risultati positivi.

L'idrografia e la dinamica fluviale, come già anticipato, rappresenta per il territorio comunale di ARENA PO il problema principale soprattutto per la presenza al confine Nord del fiume Po.

Se i fenomeni erosivi e deposizionali del Po avvengono all'interno dell'alveo di piena ordinaria, la pericolosità è rappresentata dall'esondazione del fiume durante le piene catastrofiche, per tali ragioni si sono adottate le fasce fluviali proposte dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI).

Gli altri corsi d'acqua, tutti affluenti o sub affluenti del Po, risentono direttamente delle fasi fluviali del Po; la caratteristica preminente degli affluenti di destra del Po (rio Carogna, Torrente Bardoneggia, scolo Rivalto e Sanguinale) è lo sviluppo loro corso, che nella parte alta del territorio comunale di ARENA PO è impostato in ampie vallate, larghe anche più di 100 metri, originatesi per erosione fluviale, mentre giunti nella pianura proseguono meandreggiando in modo pronunciato. Solo l'intervento antropico ha in alcuni casi modificato l'originale percorso, rendendolo più rettilineo.

Alla stessa stregua i corsi d'acqua che partono dal piede del terrazzo che separa le alluvioni recenti dalle alluvioni antiche presentano alvei rettilinei e quindi di chiara natura antropica.

Se si eccettua il rio Carogna, il torrente Bardoneggia ed evidentemente il Po, gli altri corsi d'acqua sottendono un bacino imbrifero modesto e di pochi chilometri quadrati, che arriva a malapena ai piedi delle colline o che addirittura inizia ai piedi del terrazzo delle alluvioni antiche.

Nonostante questo, tutti i corsi d'acqua che giungono al Po esondano per rigurgito. I terreni allagati sono però entro le aree delle fasce fluviali del PAI ed hanno come limite estremo il tracciato della strada provinciale 144 che scorre da Ovest a Est su tutto il territorio comunale.

Sono avvenute esondazioni dei corsi d'acqua minori anche in zone poste più a Sud delle fasce fluviali del Po, soprattutto in occasione di intensi e violenti temporali estivi e in corrispondenza alle brevi tombature dei piccoli ponti stradali o ferroviari.

Se le sezioni di deflusso in queste strettoie dei corsi d'acqua sono sufficienti a smaltire le acque in transito, avviene spesso l'intasamento con ramaglie delle tubature sotterranee provocando la fuoriuscita delle acque dall'alveo con

l'allagamento dei terreni circostanti e della sede stradale con spessori d'acqua di qualche decimetro, poi le acque scavalcando la strada rientrano nell'alveo a valle delle tubature.

Questi eventi però non sono imputabili a dissesto idrogeologico ma a mancata manutenzione degli alvei.

8.0. IDROGEOLOGIA

8.1. CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ IDROGEOLOGICHE

Nell'ambito della stesura del Piano di Tutela delle Acque (anno 2016) Regione Lombardia ha provveduto all'identificazione dei corpi idrici sotterranei partendo dall'identificazione dei Complessi Idrogeologici e, attraverso ulteriori suddivisioni, a identificare sub-complessi idrogeologici e le tipologie di acquiferi, per poi individuare gli acquiferi sulla base di considerazioni di natura idrogeologica ed in particolare sulla base dei flussi significativi e dei quantitativi significativi.

Tali ricostruzioni mantengono comunque come solido punto di partenza lo studio di Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia, condotto tra il 1999 e il 2002 in collaborazione tra Regione Lombardia e Eni-Divisione Agip, il quale ha suddiviso i depositi alluvionali della pianura Padana in 4 acquiferi (A, B, C e D).

Il territorio di Arena Po, come accennato al par. 5.4.4, è compresa nel territorio regionale del “Complesso Idrogeologico dei Depositi Quaternari”, che caratterizza i settori di pianura lombarda e quelli di raccordo con gli edifici montuosi sudalpini e appenninici.

L'individuazione dei corpi idrici sotterranei che caratterizzano il “Complesso Idrogeologico dei Depositi Quaternari” è stata condotta a seguito dell'identificazione di principali idrostrutture (subcomplessi idrogeologici), ossia dei principali sistemi idrogeologici definiti dalle relazioni geometriche tra complessi e delle condizioni di flusso idrico sotterraneo; tali sistemi sono composti da unità con differente litologia ma con simile comportamento idrogeologico cioè simile comportamento in riferimento al flusso idrico sotterraneo.

L'andamento delle unità idrogeologiche del sottosuolo è sintetizzato nella sezione litostratigrafica riassuntiva della pianura lombarda (**Figura 7**).



- Unità ghiaioso-sabbiosa, costituita da facies fluviali dell'Olocene-Pleistocene Superiore;
- Unità sabbioso-ghiaiosa, costituita da facies fluviali del Pleistocene Medio;
- Unità a conglomerati e arenarie, costituita da facies fluviali del Pleistocene Inferiore;
- Unità sabbioso-argillosa, costituita da facies continentali e transizionali, riconducibili a Pleistocene Inferiore, al Villafranchiano Superiore e Medio Auctorum p.p.;
- Unità argillosa, costituita da facies marine riconducibili al Pleistocene Inf. e al Calabriano Auctorum p.p..

Gruppo Acquifero D (Pleistocene Inferiore [Santerniano]), corrispondente alla porzione inferiore (Santerniano) della suddetta unità sabbioso-argillosa.

Di seguito si riporta la descrizione delle caratteristiche strutturali dei gruppi acquiferi interessanti il territorio di indagine.

Unità Ghiaioso-sabbiosa (Fluviali Würm, Würm tardivo e alluvioni recenti Auct.) [Gruppo Acquifero A]

L'unità in esame è caratterizzata dalla netta prevalenza di litotipi grossolani con lenti argillose di limitato spessore e estensione areale; nella terminologia di uso corrente viene identificata come "Primo Acquifero" in quanto forma la roccia serbatoio della falda libera del settore milanese. Nel settore di alta pianura l'unità in esame contiene una falda libera, in comunicazione con quella del "Ceppo", unicamente in alcuni settori localizzati riferibili a strutture di "paleoalveo", risultando insatura nelle restanti aree. Solo a partire dalla media pianura difatti, in relazione all'avvicinamento del livello piezometrico alla superficie del terreno, l'unità forma il primo acquifero (Francani e Pozzi, 1981). L'insieme degli acquiferi contenuti in questa unità e in quella successivamente descritta, viene identificato come "Acquifero Tradizionale" in quanto costituisce il corpo idrico sotterraneo contenente la falda tradizionalmente sfruttata dai pozzi. Nella realtà questo complesso è formato da un sistema multifalda che viene assimilato a un monostrato acquifero. Questa condizione strutturale assume un carattere ancor più marcato nelle aree di bassa pianura dove, in relazione all'affinamento della granulometria dei terreni, l'unità in esame è caratterizzata già a partire dalla superficie dalla prevalenza di livelli limoso-argillosi ai quali si alternano terreni più grossolani (sabbie e sabbie con ghiaia), che formano acquiferi con falde semi-confinare o confinate.

Unità Sabbioso-ghiaiosa (Fluviali Mindel-Riss Auct.) [Gruppo Acquifero B]

Questo complesso, attribuito al Pleistocene Medio, forma la parte basale dell'"Acquifero Tradizionale" ed è identificata sotto l'aspetto idrogeologico come "Secondo Acquifero". È costituita da una alternanza di depositi ghiaioso-sabbiosi, sabbiosi e limoso-argillosi, talora con lenti cementate conglomeratiche o arenitiche. Anche in questa unità procedendo verso Sud si verifica una riduzione di granulometria che conferisce caratteri litologici del tutto analoghi a quelli della sottostante unità sabbioso-argillosa in facies continentale. Gli acquiferi contenuti in essa sono separati dalla falda sovrastante da diaframmi scarsamente permeabili costituiti da limi e argille, che limitano gli scambi tra la falda libera del primo acquifero e quella contenuta nel secondo acquifero. Per tali motivi le falde in essa contenute risultano semi-confinare e localmente possono assumere caratteristiche prossime a quelle confinate.

Unità Sabbioso-argillosa [Gruppi acquiferi C-D]

L'unità è costituita in prevalenza da argille e limi di colore grigio e giallo (con frequenti alternanze nella colorazione) con torbe (Pleistocene medio e inferiore), che forma il substrato della falda tradizionalmente sfruttata. A questi litotipi sono intercalate lenti più o meno estese di sabbie, ghiaie e conglomerati che formano acquiferi con falde confinate che vengono identificati con la denominazione di "Terzo Acquifero" o "Acquiferi Profondi".

8.1.2. IDROSTRUTTURA SOTTERRANEA SUPERFICIALE (ISS)

L'Idrostruttura Sotterranea Superficiale è costituita da uno o più corpi acquiferi caratterizzati da permeabilità da alta a media, sede dell'acquifero libero, localmente semiconfinato.

In genere l'ISS costituisce il subcomplesso maggiormente vulnerabile da un punto di vista sia quantitativo sia qualitativo, essendo posto in diretta comunicazione con la superficie topografica e con i corsi d'acqua superficiali che localmente ne riducono lo spessore complessivo.

L'idrostruttura costituisce un corpo idrico serbatoio attraverso cui i sottostanti subcomplessi (ISI e ISP) sono ricaricati/scaricati.

In riferimento allo studio di Regione Lombardia e di Eni Divisione Agip (Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia – 2002) il limite di base dell'Idrostruttura Sotterranea Superficiale viene posto nell'alta pianura in corrispondenza del limite di letto del Gruppo acquifero B, e, nella media e bassa pianura lombarda, in corrispondenza della base del limite di letto del sottogruppo A1.

Il subcomplesso dell'Idrostruttura Sotterranea Superficiale è stato a sua volta suddiviso in 13 singoli corpi idrici. Secondo tale suddivisione (cfr. Tab. 8, Elaborato 2 del PTUA2016) il comune di Arena Po ricade nel "Corpo idrico sotterraneo superficiale di Bassa Pianura Bacino Oltrepò Pavese".

Il corpo idrico si colloca nel contesto morfologico della Bassa Pianura della Provincia di Pavia, corrispondente alla zona dell'Oltrepò Pavese, delimitato a N dalla piana alluvionale in destra idrografica del Fiume Po, a W dal confine regionale con il Piemonte, a E e SE con i terrazzi fluvio-glaciali più antichi e i rilievi appenninici.

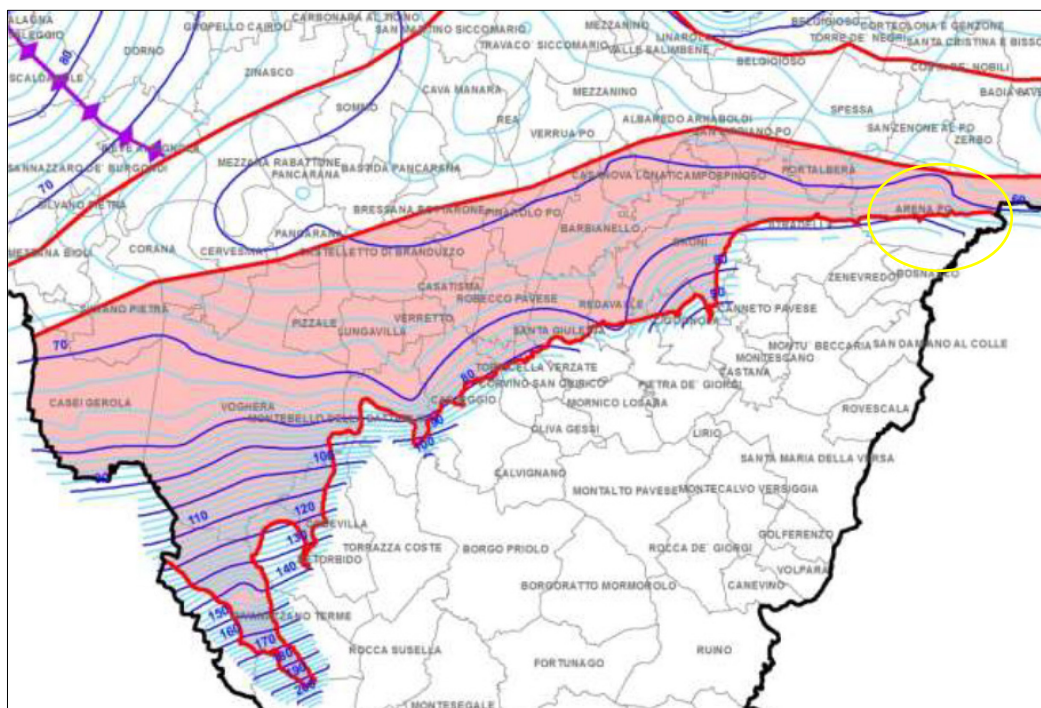


Figura 8. Corpo idrico superficiale di Bassa Pianura Bacino Oltrepò Pavese (in viola i principali spartiacque sotterranei; in blu e azzurro la piezometria del maggio 2014; in rosso i confini dei corpi idrici; il cerchio giallo il comune di Arena Po)

Non essendo disponibili dati stratigrafici e idrogeologici di taratura delle unità acquifere intermedie e profonde (i dati diretti non superano i 150 m di profondità nella parte nordoccidentale e i 70 m nelle restanti parti), non è stato possibile caratterizzare tali idrostrutture (ISI e ISP) che sono state quindi accorpate all'idrostruttura superficiale ISS. L'idrostruttura dell'ambito dell'Oltrepò è stata pertanto assimilata a un acquifero multistrato caratterizzato dall'acquifero libero in seno al sottogruppo acquifero A1 e acquiferi semiconfinati nel sottogruppo A2 e confinati nel gruppo acquifero B.

Dal punto di vista litologico i depositi che ospitano l'idrostruttura sono rappresentati da ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose e le intercalazioni di sedimenti fini risultano molto rare e limitate alla superficie o alla parte superiore dell'unità.

La base dell'idrostruttura, posta a quote comprese tra 80 e 30 m s.l.m., coincide con gli orizzonti a bassa permeabilità (acquitardi) del sottogruppo A2 che presentano locali interruzioni nella parte nord-occidentale.

La base dell'idrostruttura, posta a quote comprese tra 80 e 30 m s.l.m., coincide con gli orizzonti a bassa permeabilità (acquitardi) del sottogruppo A2 che presentano locali interruzioni nella parte nord-occidentale.

Lo spessore varia da massimi di oltre 80 m in corrispondenza del limite meridionale, al contatto con le morfologie appenniniche, a minimi di 20 m (area di Pinerolo Po).

La morfologia della superficie piezometrica, visibile in **Figura 8**, evidenzia direzioni di flusso idrico sotterraneo con orientamento S-N verso l'asse di drenaggio rappresentato dal fiume Po.

8.2. CARATTERI IDROGEOLOGICI LOCALI

Quanto di seguito descritto ha come base di analisi i dati direttamente forniti da Pavia Acque, oltre a quanto consultabile sul portale di Cap Holding, della Banca Dati Geologica di Sottosuolo di Regione Lombardia e dalle informazioni ritenute valide già contenute nella precedente versione dello studio geologico comunale.

8.2.1. DERIVAZIONE DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Il presente paragrafo illustra lo stato di fatto relativamente a tutte le captazioni, presenti nel territorio comunale (cfr. Tavola CG03 del presente studio), di derivazione delle acque sotterranee.

Nel precedente studio geologico viene indicata la presenza di due pozzi ad uso potabile (pozzo Gerolo e pozzo Sabbina), ma il gestore del servizio idrico Pavia Acque riferisce che il comune di Arena Po è privo di pozzi per l'approvvigionamento idrico potabile, in quanto fa parte dell'acquedotto Oltrepò Pavese.

Tuttavia sono censiti diversi punti di captazione privati per uso domestico, industriale, irriguo, zootecnico e antincendio, nonché alcuni piezometri per il monitoraggio della falda.

COD. INT.	NOME	LOCALITÀ	STATO	UTILIZZO	X CORD.	Y CORD.
03	Pozzo Gerolo	Gerolo	Dismesso	Potabile	527452	4993598
00		Cà Ratti	Attivo	Zootecnico	527614	4991527
01	Pozzo Sabbina	Parpanese	Attivo	Irriguo	534201	4992539
02		Colombera	Attivo	Domestico	528384	4993255
04		Sabbina	Dismesso	Potabile	527204	4993628
05		Colombera	Attivo	Irriguo	528129	4992947
06		Colombera	Attivo	Irriguo	527989	4992514
07		Colombera	Attivo	Irriguo	528335	4993329
08		Porticone	Attivo	Industriale	526691	4994128
09		Stazione	Attivo	Industriale	528133	4992253
10		Arena Po	Attivo	Zootecnico	528380	4993743
11		Vaga	Attivo	Irriguo	529556	4991913
12		Rile	Attivo	Irriguo	529155	4993491
13		C.na Coccona	Attivo	Zootecnico	528060	4993505
14		Cimitero	Attivo	Irriguo	527810	4993526
15		Sabbina	Attivo	Irriguo	527461	4992996
16		Campagnasso	Attivo	Zootecnico	527365	4990813
17		Portico	Attivo	Irriguo	529321	4992588
18		Portico	Attivo	Domestico	529398	4992526
19		Stazione	Attivo	Industriale	528209	4992193
20		Longhirolo	Attivo	Domestico	533000	4992675
21		Cà Ratti	Attivo	Domestico	527548	4991622
22		Pavesa	Attivo	Domestico	528674	4991548
24		Vaga	Attivo	Irriguo	529823	4991907
25		Vaga	Attivo	Irriguo	530139	4991815
26		Parpanese	Attivo	Zootecnico	533953	4992976
27		Casa Bardoneggia	Attivo	Antincendio	530547	4990441
28		Monteacuto	Attivo	Irriguo	531699	4992048
29		Frega		Irriguo	526777	4993959
30		Frega		Irriguo	526705	4993889

8.2.2. CARATTERI PIEZOMETRICI LOCALI

Per ciò che concerne le ricostruzioni relative alle caratteristiche piezometriche della falda sono stati analizzati e consultati i seguenti dati.

- Soggiacenza e piezometria relativi al pozzo Durina1 (cod SIF 0181180001), ubicato in comune di Portalbera, per l'anno 2023 e 2024;
- Analisi piezometrica contenuta nel PTUA2016 e riferita a maggio e settembre 2014;
- Analisi piezometrica come fornita da Cap Holping e riferita a settembre 2024;
- Analisi delle oscillazioni della falda come fornita da Cap Holping e riferita agli anni 2021, 2022, 2023 e 2024;
- Considerazioni formulate nel presedente studio geologico (anno 2010).

La falda, nella zona di Arena Po, è contenuta in terreni prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi ed è sostenuta da un orizzonte argilloso impermeabile che si trova a circa 20 metri di profondità. L'acquifero è protetto da uno strato avente spessore variabile tra 5-8 metri di terreni fini poco permeabili.

Nel PTUA 2016 sono confluiti i risultati di uno studio di approfondimento specialistico relativo ai corpi idrici sotterranei (*Progetto di accompagnamento a supporto del processo di revisione del Piano di Tutela delle Acque; Eupolis Lombardia, febbraio 2015*); tra questi è stata elaborata la piezometria a scala regionale, sia per l'acquifero superficiale sia per l'acquifero profondo, e riferita a due campagne di monitoraggio, la prima nei mesi di aprile-maggio 2014 e la seconda a settembre 2014.

Consultando il detto studio si ricava, per il territorio di Arena Po e riferendosi solo alla falda superficiale, che:

- a maggio 2014 la superficie piezometrica varia, spostandosi da nord a sud, da 55 m s.l.m. a 72,5 m s.l.m.
- a settembre 2014 la superficie piezometrica varia, spostandosi da nord a sud, da 52,5 m s.l.m. a 72,5 m s.l.m.

Quando detto testimonia un abbassamento stagionale della superficie piezometrica di circa 2 metri e principalmente focalizzata nella parte nord del territorio ovvero quella prossima al corso del Po.

La soggiacenza della falda, riferita a settembre 2024, presenta una profondità tra 10 e 15 metri da piano campagna nella fascia prossima al pianalto, per passare, proseguendo verso il fiume Po ad una profondità inferiore a 2,5 metri da piano campagna. L'andamento dell'acquifero è verso Nord-Nord Est con gradiente generalmente inferiore all'1‰.

Le misure del livello statico effettuate in corrispondenza del pozzo Durina1, ubicato nel confinante comune di Portalbera, indicano una soggiacenza di circa 8 metri da piano campagna tra marzo e settembre 2023 e di una soggiacenza di poco superiore a 10 metri da piano campagna tra aprile e settembre 2024.

Nel 2021 l'oscillazione della falda è stata di circa 1 metro; nel 2023 si sono registrate oscillazioni della falda inferiori a 1 metro nella porzione occidentale del territorio comunale, portandosi a tra 2,5-5 metri nella porzione orientale. Nel 2024 invece la situazione si inverte, con oscillazioni dell'ordine di 2,5-5 metri nella parte occidentale e inferiori a 1 metro nel settore orientale.

8.3. POTENZIALI CENTRI DI PERICOLO

Consultando l'inventario, predisposto da ISPRA in base agli indirizzi e con il coordinamento del Ministero della Transizione Ecologica (MiTe) in accordo con gli adempimenti previsti dall'art. 5 comma 3 del D.Lgs. 105/2015-recepimento Direttiva 2012/18/UE "Seveso Ter", degli stabilimenti suscettibili di causare incidenti rilevanti risulta che in comune di Arena Po non sono presenti stabilimenti di questo tipo.

In comune di Arena Po risulta presente, consultando la banca dati AGISCO (Anagrafia e Gestione Integrata Siti Contaminati) aggiornata al 31 dicembre 2024, un sito contaminato e identificato con codice PV005.0005; nella fattispecie si tratta di sversamento idrocarburi da effrazione oleodotto ENI Sannazzaro-Fiorenzuola avvenuto il 20 gennaio 2016 poco a sud della SP 144 - località Cascina Riale.

Tra i potenziali centri di pericolo rientrano anche i pozzi e piezometri in quanto possono essere una via preferenziale di trasmissione di inquinanti verso la falda, la rete fognaria in quanto veicolante acque potenzialmente inquinanti nel caso in cui una perdita arrivasse in falda e i distributori di carburante.

8.4. VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO

La vulnerabilità dell'acquifero è un parametro idrogeologico che rappresenta la facilità con cui un inquinante generico idroveicolato, sversato sulla superficie o nel primo sottosuolo, raggiunge la falda e la contamina. Per completare il quadro idrogeologico del territorio e fornire un'indicazione per la gestione e la protezione della risorsa idrica sotterranea, è stata realizzata l'analisi della vulnerabilità idrogeologica del primo acquifero del territorio comunale, ovvero il grado di protezione da meccanismi di infiltrazione verticale dalla superficie.

I risultati di tale analisi sono quelli già contenuti nel precedente studio geologico che, ritenuti ancora validi, vengo riportati di seguito.

"Dai dati a disposizione sui terreni superficiali del comune di Arena Po risulta che questi presentano una vulnerabilità da moderata ad elevata nei confronti delle acque sotterranee, d'altra parte la situazione conferma la compromissione qualitativa di queste acque, non più utilizzabili ad uso potabile.

Una conferma viene dall'utilizzo del metodo DRASTIC, che assegna ai territori di Arena Po valori di vulnerabilità pari a 156 (moderata) nei terreni posti ai piedi delle colline, denominati "alti" e pari a 176 (elevata) rispettivamente nei terreni "bassi", ossia quelli di pianura in senso stretto. La conseguenza diretta di questa situazione è quella di prevedere azioni o porre limitazioni alle attività antropiche di trasformazione del territorio che tendano a proteggere le falde sotterranee".

Si riportano di seguito la tabella dei valori di intensità pesata e dell'indice DRASTIC totale e la relativa carta

Valori di intensità pesata e dell'indice DRASTIC totale

Inquinamento di tipo agricolo

Unità	D	R	A	S	T	I	C	Tot	Vul
Terreni "alti"	6	1	6	6	10	6	10	156	M
Terreni "bassi"	10	1	6	6	10	6	10	176	E

Legenda

26 - 71 MB Vulnerabilità Molto Bassa

210 - 256 ME Vulnerabilità Molto Elevata

164 - 209 E Vulnerabilità Elevata

118 - 163 M Vulnerabilità Moderata

72 - 117 B Vulnerabilità Bassa

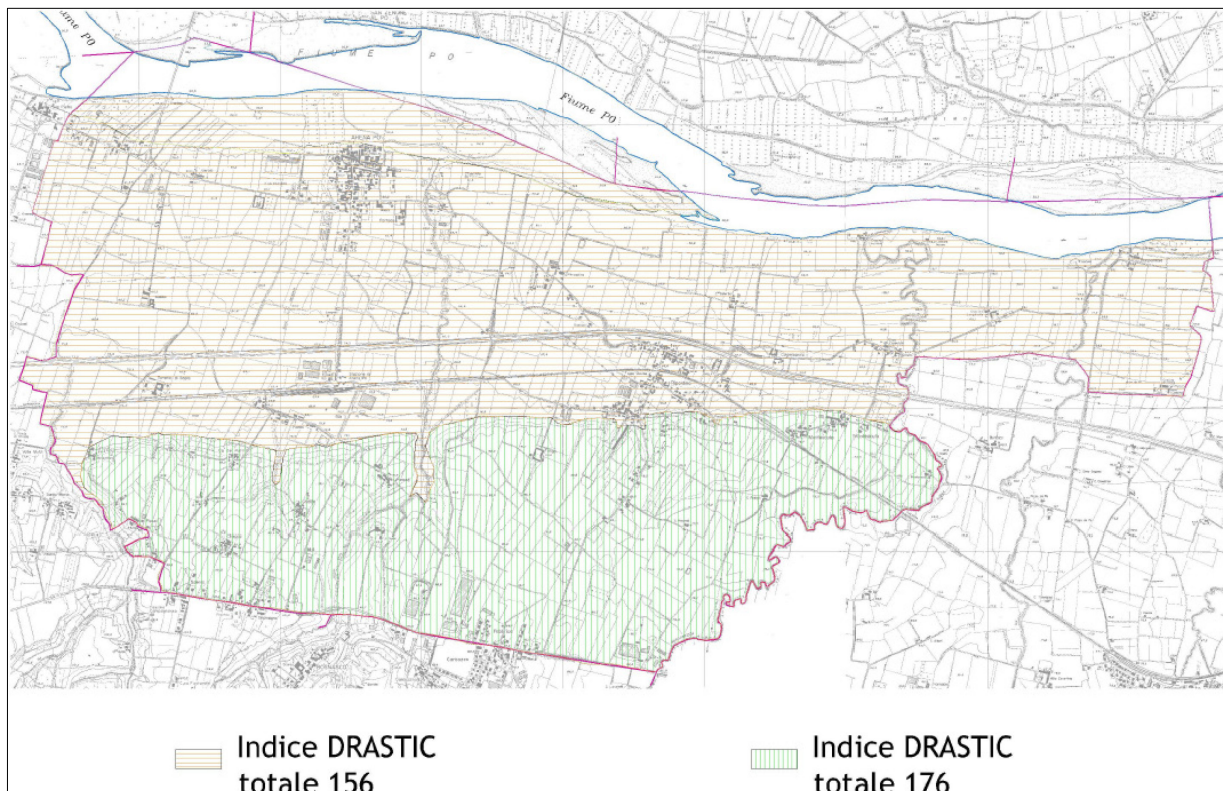


Figura 9. Vulnerabilità dell'acquifero; F. Sacchi (2010) – Studio Geologico, Idrogeologico e Sismico al PGT

8.5. QUALITÀ DELLE ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO

Le acque vengono considerate “potabili” se rientrano negli standard di qualità fissati dalla normativa vigente in materia di acque destinate al consumo umano – il D.Lgs. n. 18/2023 che recepisce la Direttiva Europea n. 2020/2184.

Il decreto sopra citato stabilisce le concentrazioni massime ammissibili (C.M.A.) per i parametri organolettici, chimico-fisici, microbiologici, nonché quelle concernenti sostanze indesiderabili e sostanze tossiche.

Laddove non sono indicate delle C.M.A. imperative, vengono comunque forniti dei valori guida.

I dati analitici più recenti, forniti da Pavia Acque e riferiti agli anni 2022, 2023 e 2024, rilevano come tutti i parametri di qualità delle acque siano conformi ai valori limite prescritti per legge, confermando una buona qualità delle acque potabili ed una loro conformità dal punto di vista microbiologico.

Tutti i rapporti di prova sono allegati al presente studio geologico.

9.0. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' E RISCHIO IDRAULICO

Al fine del pieno recepimento del PAI-PGRA nello strumento urbanistico, è di seguito effettuata una valutazione locale della pericolosità e rischio nei territori che ancora, dopo la realizzazione dell'argine, collaudo e conseguente modifica delle fasce fluviali del Po, risultano posti a tergo del limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C. I territori in questione sono quelli posti tra il confine con il comune di Portalbera e il nuovo argine, ossia in località Porticone.

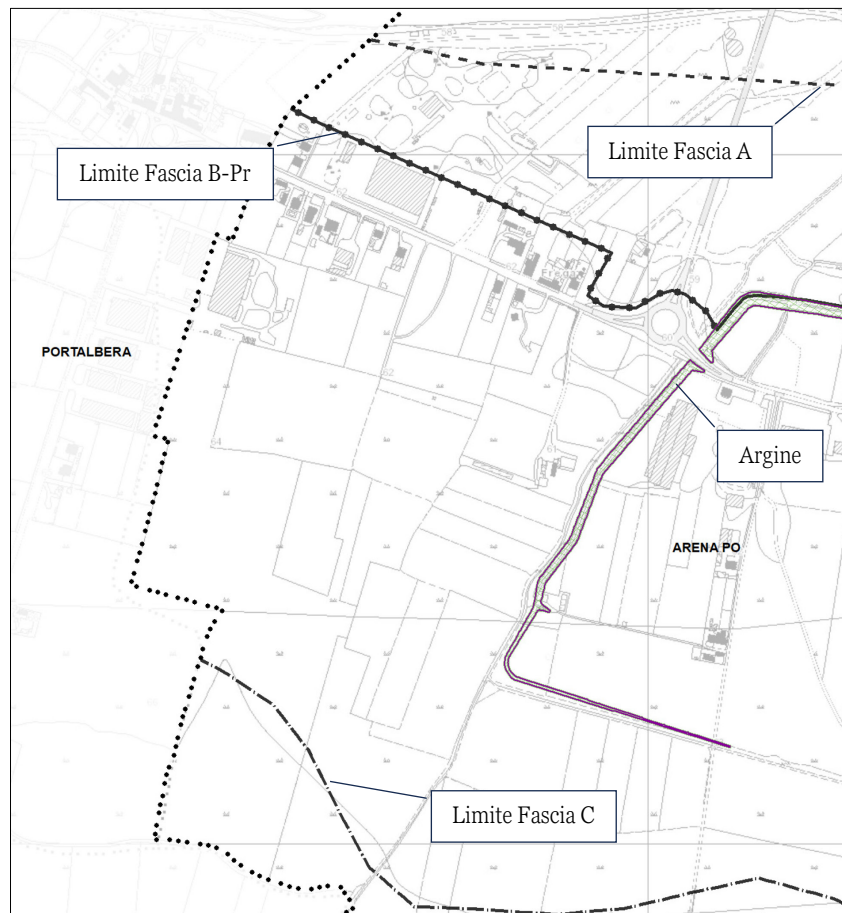


Figura 10. Inquadramento area di valutazione

La valutazione effettuata fa riferimento sia a quanto riferito e attestato dall'Amministrazione comunale sia ai contenuti e dati facenti parte del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA); in particolare sono stati presi i dati di altezza idrica media (è doveroso segnalare che non sono disponibili dati relativi alla velocità della corrente) ossia del tirante atteso per eventi con tempo di ritorno pari a 200 anni (cfr. **Figura 11**), così come consultabili nel portale "webgis" predisposto dall'Autorità di Bacino.

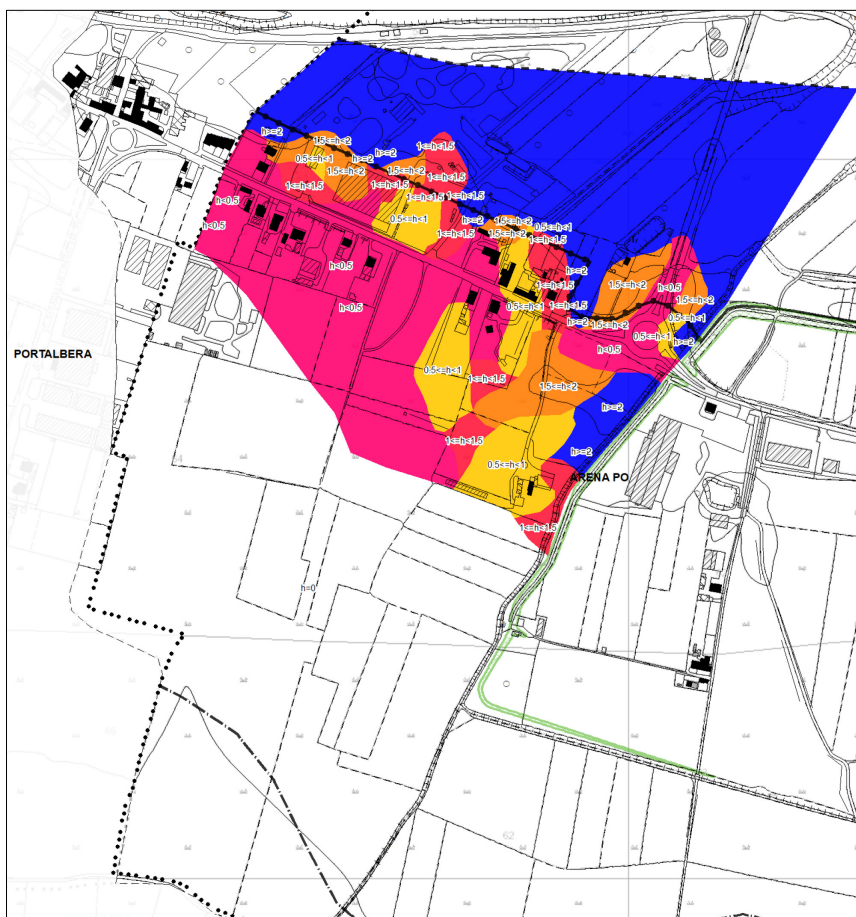


Figura 11. Tiranti idrici, espressi in metri, piena di riferimento (Tr 200 anni)

Di contro l'Amministrazione comunale attesta che “durante gli eventi di piena del fiume Po successivi all'anno 2000 ed in particolare a far data del 25 luglio 2011 ai giorni attuali, data in cui veniva integrato lo studio geologico di PGT con la Carta della valutazione del rischio, il livello dell'acqua in località Porticone di Arena Po non ha mai raggiunto né superato la quota di 60,7 m slm, ossia la massima quota registrata nell'evento del 2000. In particolare, data la conformazione morfologica dei luoghi, le aree a monte della S.P. n. 200 in loc. Porticone non sono state mai sommerse dalle acque nel corso dei registrati eventi di piena”.

9.1. PERICOLOSITÀ E RISCHIO

La definizione della pericolosità e rischio idraulico viene effettuata riferendosi alla procedura prevista nell'Allegato 4 della d.g.r. IX/2616/2011. Per la classificazione dei diversi livelli di pericolosità idraulica si fa riferimento al grafico del par. 3.4 della suddetta d.g.r.

Zonazione della pericolosità: la definizione della pericolosità idraulica tiene conto della relazione tra tirante e velocità della corrente; quest'ultimo dato non è però presente nella documentazione presa a riferimento, pertanto si opta per la soluzione più cautelativa ovvero considerare una velocità della corrente tra 0,5 e 1 m/s.

La zonazione della pericolosità idraulica delle aree risulta quindi definita in zone con pericolosità molto elevata (H4), elevata (H3), media (H2) e nulla (H0), come illustrato nella figura seguente.

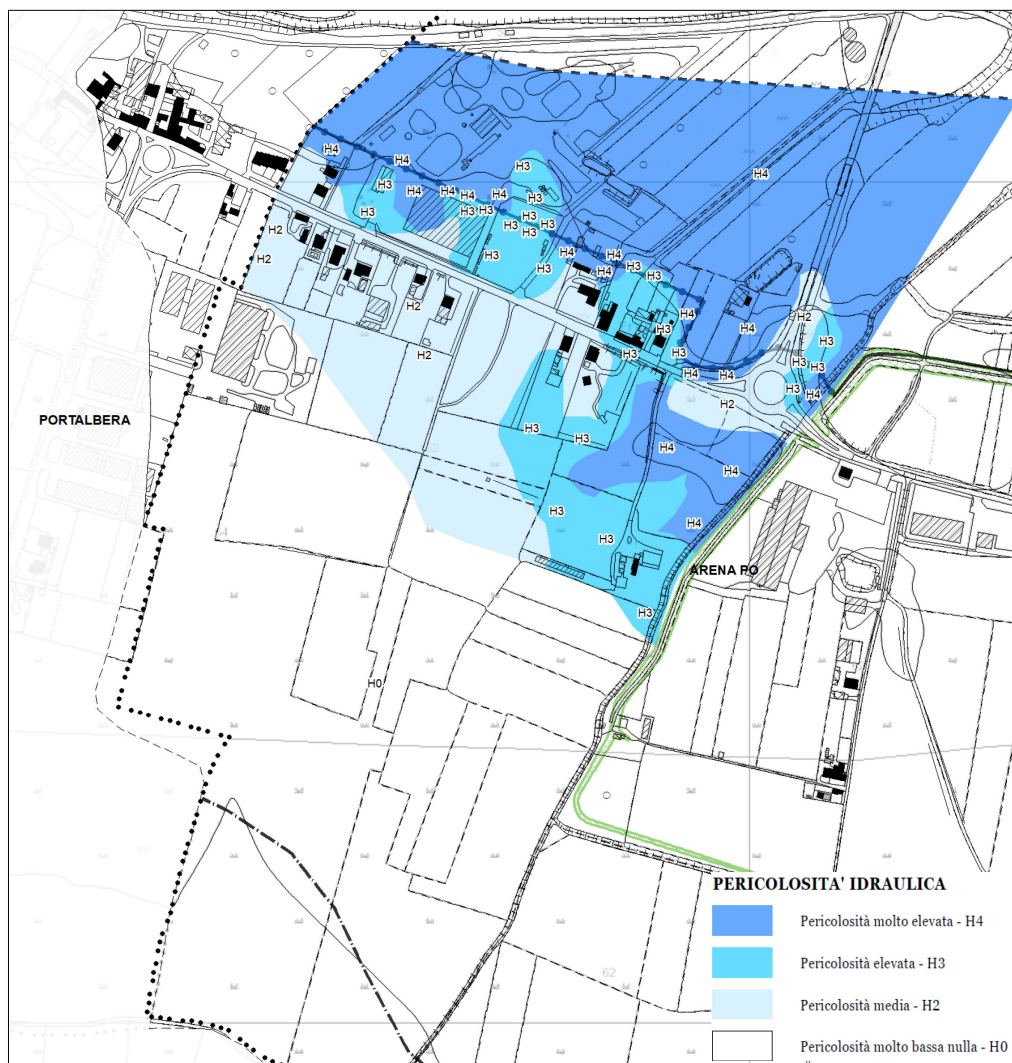


Figura 12. Zonazione della pericolosità idraulica nelle aree poste a tergo del limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C.

Zonazione del rischio: la classificazione del rischio è effettuata mettendo in relazione la pericolosità idraulica precedentemente valutata e l'entità degli elementi a rischio (o danno potenziale). Per l'identificazione degli elementi a rischio si è fatto riferimento ai dati d'Uso e Copertura del Suolo di Regione Lombardia (DUSAF 7.0, anno 2023).

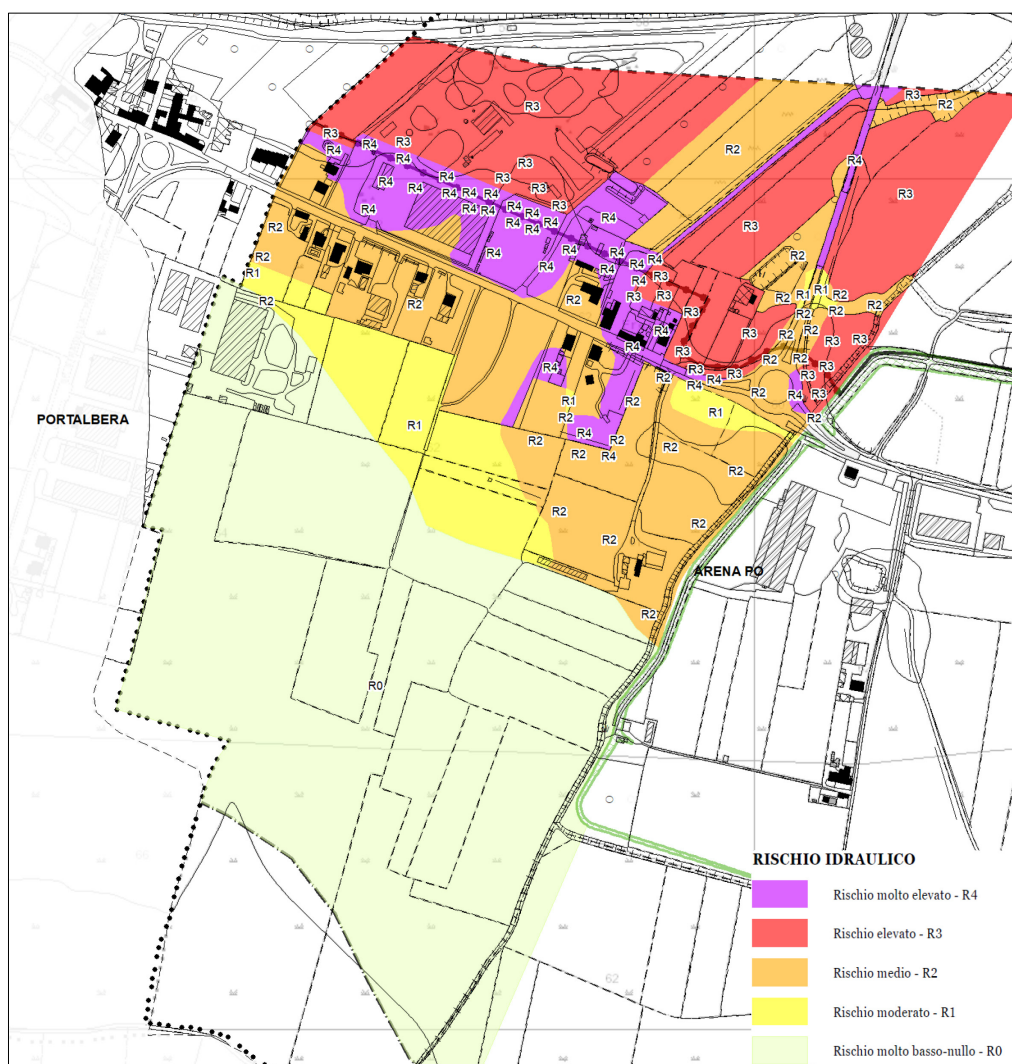


Figura 13. Zonazione del rischio idraulico nelle aree poste a tergo del limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C.

10.0. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO TECNICA

La classificazione del territorio su base geologico-tecnica ha seguito le indicazioni della D.G.R. n. IX/2616 del 2011, che raccomanda l'effettuazione di una prima caratterizzazione geotecnica sulla base dei dati disponibili e delle osservazioni dirette.

A tale scopo sono stati considerati e analizzati i dati derivanti da indagini geognostiche documentate effettuate per specifici interventi edilizi, resi disponibili dall'Amministrazione comunale o già contenute nel precedente studio geologico.

10.1. PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

L'interpretazione di una serie di prove penetrometriche eseguite in territorio comunale ha permesso di definire un modello geotecnico preliminare dei terreni, delineando un quadro generalmente omogeneo nella stratigrafia litotecnica nel territorio di Arena Po (cfr. Tavola CG04).

Il settore centro settentrionale del territorio comunale è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali attuali-recenti, costituiti principalmente da argille e limi e solo localmente da sabbie e ghiaie limose; trattasi di terreni poco permeabili, coesivi e granulari a scadenti caratteristiche geotecniche indicativamente fino alla profondità di 5 metri.

Il settore centro meridionale è invece caratterizzato da depositi fluviali recenti e antichi, costituiti principalmente da limi e argille limose; trattasi di terreni poco permeabili, coesivi da mediocri a buone caratteristiche geotecniche.

Di seguito si riprendono i parametri geotecnici indicativi, così come erano stati riportati nel precedente studio geologico:

ZONA SUD dei pianori alti del territorio comunale di Arena, costituito da alluvioni antiche

- *Strato superficiale avente spessore di circa 1 metro costituito da limi sabbioso -argillosi. Coesione non drenata c_u 0.4 - 0,5 ton/ m²; Peso dell'unità di volume γ 1,8 ton/m².*
- *2° Strato potente circa 2 metri costituito da limi sabbiosi. Coesione non drenata c_u 0.7- - 0,8 ton/ m²; Peso dell'unità di volume γ 1,9 ton/ m². Angolo di attrito interno ϕ 30°*

ZONA NORD della superficie principale della Pianura, costituito da alluvioni recenti

- *Strato superficiale avente spessore di circa 1 - 2 metri costituito da limi sabbiosi. Angolo di attrito interno ϕ 28° Peso dell'unità di volume γ 1,65 ton/ m².*
- *2° Strato potente circa 2 metri costituito da sabbie limose. Angolo di attrito interno ϕ 30 – 32 °; Peso dell'unità di volume γ 1,7 ton/ m².*

Si sottolinea che le indicazioni riportate sono da considerarsi di primo inquadramento e non sufficienti per il dimensionamento di singoli interventi che dovranno essere analizzati puntualmente mediante indagini geognostiche specifiche secondo le indicazioni della normativa vigente nazionale e regionale.

11.0. PERICOLOSITA' SISMICA

11.1. ASPETTI NORMATIVI E METODOLOGICI

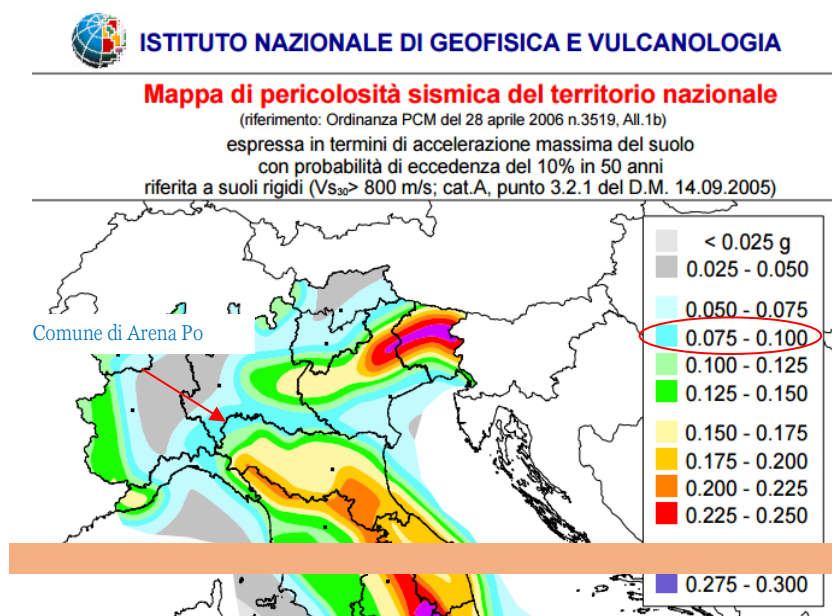
Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 si è avviato in Italia un processo per la stima della pericolosità sismica, stabilendo una nuova classificazione sismica del territorio nazionale. La nuova classificazione, che in parte utilizza e aggiorna la classificazione proposta nel 1998 dal Gruppo di Lavoro istituito dal Servizio Sismico Nazionale, è articolata in 4 zone, ciascuna contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Questa iniziativa ha poi portato alla realizzazione della Mappa di Pericolosità Sismica 2004 (MPS04) che, con l'emanazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale.

In ottemperanza all'art. 2 della O.P.C.M. 3274/2003, Regione Lombardia, con D.G.R. n. VII/14964 del 7 novembre 2003, aveva provveduto alla classificazione sismica del proprio territorio. Secondo tale classificazione (Allegato A alla D.G.R. n. VII/14964 del 7 novembre 2003) il Comune di Arena Po è stato classificato in **Zona Sismica 4** (sismicità molto bassa), identificato da un valore di $a_g < 0,05g$.

Come si evince dalla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (O.P.C.M. n. 3519/2006 All. 1b), il Comune di Arena Po ricade in un intervallo di valori di a_g (accelerazione sismica orizzontale massima del suolo con

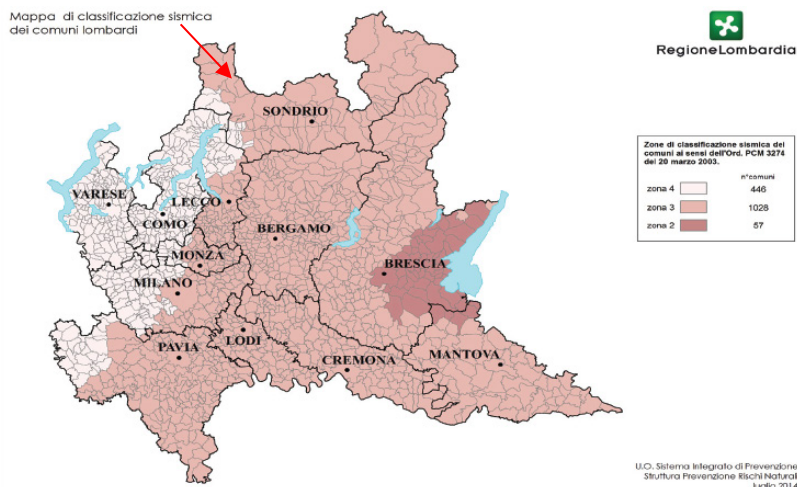
probabilità di superamento del 10% in 50 anni e riferita a suoli rigidi) compresi tra **0,075g e 0,100g**, ponendolo di fatto in **Zona Sismica 3** e non in Zona Sismica 4, come si evince dalla tabella riportata nella O.P.C.M. 3274/2003.



zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Il 16 aprile 2016 è entrata in vigore la D.G.R. n. X/2129 dell'11 luglio 2014 con la quale Regione Lombardia ha provveduto alla determinazione di un livello di classificazione sismica maggiormente cautelativo rispetto a quello vigente, riclassificando il proprio territorio dal punto di vista sismico coerentemente con la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, anche in funzione del riordino delle disposizioni della normativa regionale in materia di vigilanza e controllo sulle costruzioni in zona sismica.

Pertanto a seguito della nuova classificazione sismica il Comune di Arena Po (indicato dalla freccia rossa nella figura accanto) è passato ufficialmente dalla Zona Sismica 4 (sismicità molto bassa) alla **Zona Sismica 3** (sismicità bassa), con valore di a_g pari a 0,093429g.



Tale classificazione costituisce la pericolosità sismica di base (previsione deterministica o probabilistica che si possa verificare un evento sismico in una certa area in un determinato intervallo di tempo) che deve essere verificata e approfondita in fase di pianificazione territoriale, quindi in sede di predisposizione dello studio geologico, in

base alla D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616.

La metodologia per l'approfondimento e la valutazione dell'amplificazione sismica locale, riportata in Allegato 5 alla D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616 *“Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.”*, in adempimento a quanto previsto dal d.m. 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”, dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 e della D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003 e del d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003, prevede 3 livelli di analisi da applicarsi in funzione della zonazione sismica di appartenenza.

L'elaborazione della carta della pericolosità sismica locale è il prodotto del completamento del primo dei tre livelli di approfondimento previsti, obbligatorio per tutti i comuni della Lombardia, ed esteso a tutto il territorio comunale; tale elaborato costituisce, unitamente alle prescrizioni riportate nell'analisi della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano, la base fondamentale per gli indirizzi di pianificazione urbanistica, identificando per ciascuna zona gli studi richiesti per valutare in dettaglio la risposta delle strutture alle sollecitazioni dinamiche di tipo sismico.

Essendo il Comune di Arena Po in Zona sismica 3 è tenuto anche ad effettuare un'analisi di II Livello negli scenari di pericolosità sismica locale, individuati attraverso il I livello, suscettibili di amplificazioni sismiche litologiche interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.

11.2. ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO

Le generali caratteristiche geologiche del territorio lombardo non sono così “drammatiche” come in altre regioni italiane, tant'è che in generale il livello di pericolosità sismica è basso o molto basso, con la sola eccezione della zona del lago di Garda.

La sismicità maggiore sembra concentrarsi nella fascia prealpina orientale. Un discreto livello di sismicità è presente anche nelle zone dell'Oltrepò, mentre una modesta attività è presente in Alta Valtellina e nel Mantovano. Ulteriori zone sismiche, prossime al territorio regionale, sono individuabili in Emilia, nel Veronese e in Engadina.

Gli epicentri dei terremoti storici per il settore lombardo sono prevalentemente concentrati in una fascia allungata in direzione E-W lungo il margine pedemontano, in corrispondenza dell'asse Bergamo-Brescia-lago di Garda. La parte più meridionale della regione risente della sismicità di origine appenninica, comprensiva dell'area dell'Oltrepò pavese.

11.2.1. SISMOLOGIA STORICA E MACROSISMICA

La storia sismica locale del territorio pavese è deducibile dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani [CPTI15; Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. *CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia] che abbraccia una finestra temporale di osservazioni macrosismiche e strumentali dall'anno 1000 all'anno 2014.

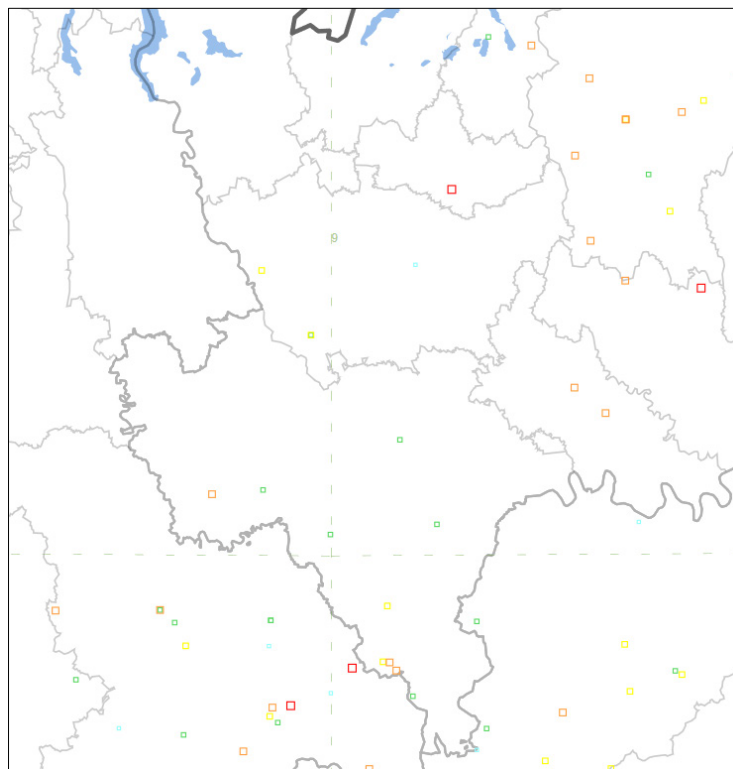


Figura 14. Catalogo (CPTI15) parametrico dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 2014

In passato la provincia di Pavia è stata sede di 10 eventi sismici, di cui si riportano, nella tabella seguente, le informazioni estrapolate dal catalogo CPTI15.

Anno	Mese	Giorno	Ora	Min.	Sec.	Area epicentrale	Numero di MDP	Intensità epicentrale [Io]	Magnitudo momento [Mw]
1784	03	30	11			Oltrepò Pavese	1	5	4.16
1824	02	04	21	50		Oltrepò Pavese	8	5	4.49
1826	11	11	04	28		Pavia	1	5	4.16
1901	01	23	00	17	10	Oltrepò Pavese	90	5	4.23
1945	06	14	05	03	45	Oltrepò Pavese	6	6-7	4.78
1945	06	29	15	37	13	Oltrepò Pavese	31	7-8	5.10
1945	12	15	05	27		Oltrepò Pavese	12	6	4.72
1952	08	22	02	25	31	Lomellina	21	4	4.11
1971	01	06	11	10	55	Oltrepò Pavese	23	4-5	3.85
1987	07	21	15	16	47	Lomellina			4.82

L'evento più significativo risale al 1945, con epicentro nell'Oltrepò Pavese a cui è associata un'intensità epicentrale (Io) pari al VII-VIII grado della scala Mercalli e una magnitudo momento (Mw derivata dal parametro sismologico momento sismico che equivale al prodotto tra area di faglia, dislocazione e resistenza delle rocce) pari a 5,10.

Le località epicentrali per gli eventi che hanno prodotto i maggiori risentimenti (osservazioni macrosismiche) nel Comune di Arena Po sono però principalmente collocate al di fuori del territorio provinciale, ad eccezione del solo evento del 23 gennaio 1901. Tali informazioni sono state ricavate dalla consultazione del Database Macrosismico Italiano [DBMI15; Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia]. Tale database fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo sia a terremoti italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia) nella finestra temporale 1000-2014.

Nella figura seguente sono riportati i quattro eventi sismici che hanno prodotto, in passato, risentimenti in Comune di Arena Po.

Effetti	In occasione del terremoto del							
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP Io Mw
NF	🔗 1901	01	23	00	17	1	Oltrepò Pavese	90 5 4.23
NF	🔗 2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768 5 4.21
NF	🔗 2005	04	13	18	46	0	Valle del Trebbia	163 4 3.68
NF	🔗 2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284 4 3.97

Per quanto concerne gli aspetti di sismologia storica pertanto, dalla consultazione dei cataloghi sismici redatti dall'Istituto di Geofisica e Vulcanologia per gli studi di pericolosità sismica, risulta che l'area del pavese è stata sede in passato di eventi sismici piuttosto sporadici (considerando un arco di tempo di dati dal 1000 al 2014) e di intensità massima rilevata dell'ordine del VII-VIII grado della scala Mercalli. Gli eventi sismici che hanno fatto registrare risentimenti in Arena Po sono altrettanto sporadici e localizzati a diverse decine di chilometri di distanza.

11.2.2. SORGENTI SISMOGENETICHE

Dalla consultazione della banca dati delle singole sorgenti sismogenetiche (*Database of Individual Seismogenic Sources, DISS version 3.2*), redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia in considerazione a sorgenti per terremoti con Magnitudo maggiore di 5.5 in Italia e aree circostanti, il territorio di Arena Po rientra (in parte) nella zona sismogenetica composta (figura sottostante) denominata Portalbera-Cremona (DISS-ID: ITCS044).

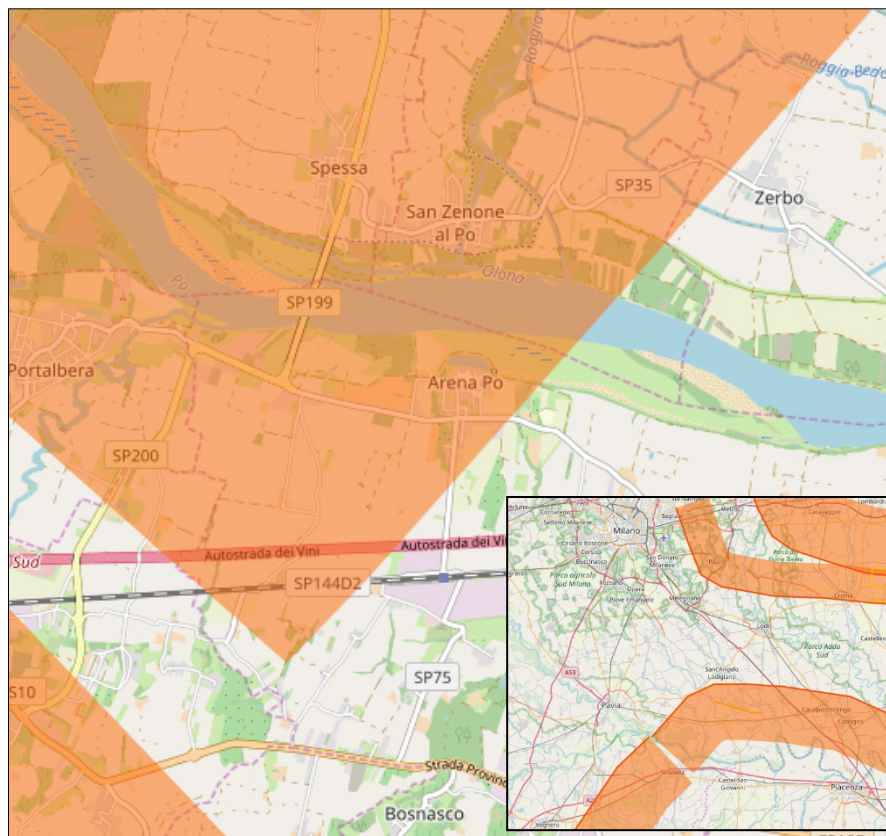


Figura 15. Database sorgenti sismogenetiche del territorio nazionale (DISS ver. 3)

Questa fonte composta si estende a cavallo della regione, dalle città di Pavia (ad ovest) a Cremona (ad est), tra le valli del Ticino e dell'Adda e appartiene al fronte esterno di spinta del nord dell'Appennino. Questo fronte è un sistema di faglia che va da N a NE, all'estremità nord-occidentale della catena dell'Appennino settentrionale, nella pianura Padana. Segna la terminazione verso nord della dannosa sismogenesi negli Appennini. I cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000, Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano, in questa zona, una sismicità intermedia ($4.5 < M_w < 5.0$), con eccezione del terremoto del 28 luglio 1276 (M_w 5.1) e del 15 maggio 1951 (M_w 5.2) che ha colpito l'area del Lodigiano. Questa sorgente sismogenetica rappresenta l'ipotizzato arco attivo in cui la spinta alpina meridionale e gli appennini si avvicinano e possono rappresentare la sismicità intermedia della regione e il suo potenziale sismogenetico. Nella tabella di seguito si riportano i parametri che caratterizzano tale struttura sismogenetica.

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	2.0	OD	Based on geological data from various authors.
Max depth [km]	7.0	OD	Based on geological data from various authors.
Strike [deg] min... max	30...115	OD	Based on geological data from various authors.
Dip [deg] min... max	20...40	OD	Based on geological data from various authors.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.48...0.54	OD	Based on geological data from Maesano et al. (2015).
Max Magnitude [Mw]	5.5	EJ	Assumed from regional seismological data.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

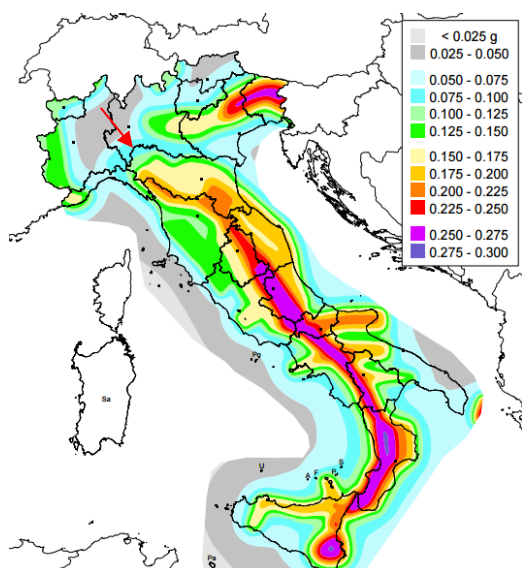
11.3. PERICOLOSITÀ SISMICA

11.3.1. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

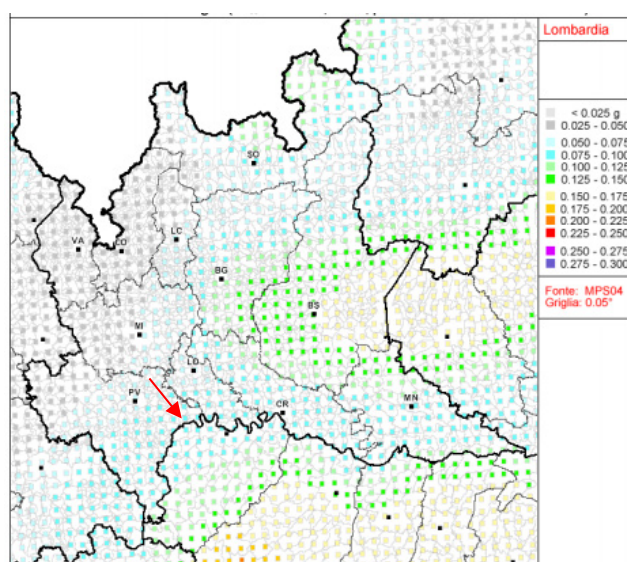
La pericolosità sismica di base è la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti). La pericolosità sismica di base calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori dei parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali) descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento).

In seguito all'emanazione della O.P.C.M. n. 3274/2003 è stata prodotta, dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, una nuova versione della Mappa della Pericolosità Sismica del territorio nazionale. La mappa riporta il valore dell'accelerazione orizzontale massima "a_g" che ha la probabilità di essere superato almeno una volta nei prossimi 50 anni; tale valore di probabilità, che corrisponde ad un periodo di ritorno di 475 anni, è assunto come riferimento dalla normativa sismica vigente.

Nella figura seguente si riporta un estratto della mappa di pericolosità sismica relativa alla Regione Lombardia, da cui si ricava che per il territorio di Arena Po il valore di a_g atteso risulta compreso tra **0,075g** e **0,100g**.



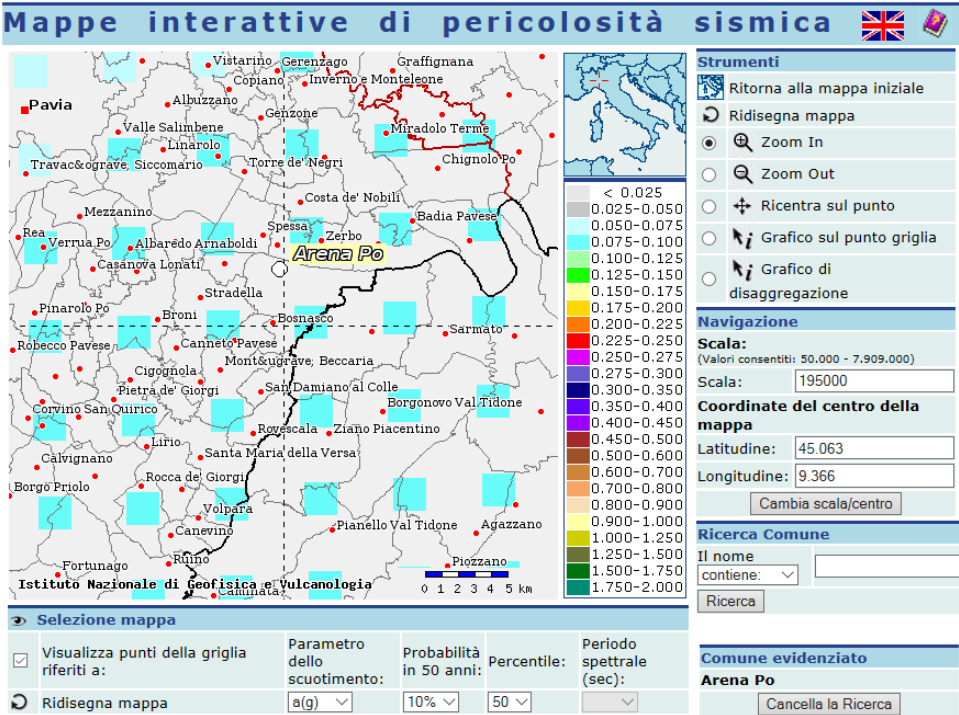
Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale (All. 1b, O.P.C.M. n. 3519/2006). Il Comune di Arena Po è indicato con la freccia rossa



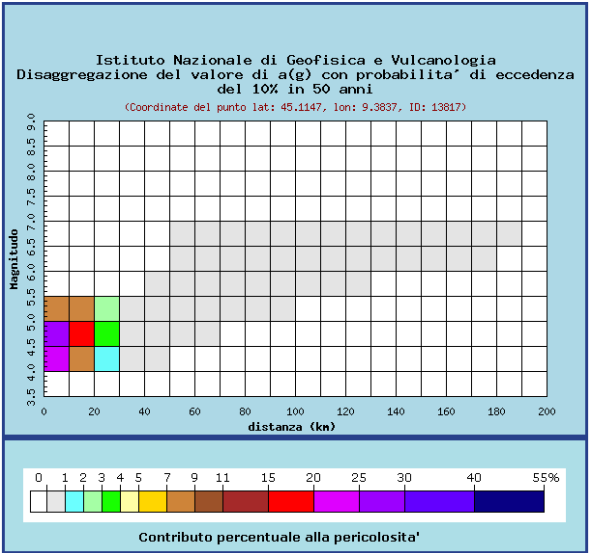
Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale (All. 1b, O.P.C.M. n. 3519/2006); Regione Lombardia. Il Comune di Arena Po è indicato con la freccia rossa

Dalla consultazione delle mappe interattive di pericolosità sismica (reperibili sul sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>) è anche possibile ricavare il contributo percentuale delle diverse coppie di dati magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità sismica di base.

Individuato il riquadro corrispondente al valore di a_g più vicino al Comune di Arena Po, si ricavano i dati di disaggregazione.



Mappa interattiva di pericolosità sismica per il comune di Arena Po



Disaggregazione, grafico dei contributi alla pericolosità per intervalli di magnitudo e distanza epicentrale

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.1147, lon: 9.3837, ID: 13817)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	20.000	25.900	8.620	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	8.910	15.600	7.760	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	1.240	3.050	2.280	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.147	0.772	0.873	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.015	0.400	0.726	0.238	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.192	0.742	0.536	0.040	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.014	0.279	0.383	0.163	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.077	0.228	0.175	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.014	0.105	0.124	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.001	0.042	0.086	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.060	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.040	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.025	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Disaggregazione, tabella dei contributi alla pericolosità per intervalli di magnitudo e distanza epicentrale

Per l'ambito in studio si ha che il contributo percentuale medio alla pericolosità sismica si ha per terremoti di magnitudo 4,76 alla distanza di 12,8 km.

In ottemperanza all'art. 2 della O.P.C.M. 3274/2003, Regione Lombardia, con D.G.R. n. VII/14964 del 7 novembre 2003, ha provveduto alla classificazione sismica del proprio territorio. Secondo tale classificazione (Allegato A alla D.G.R. n. VII/14964 del 7 novembre 2003) il Comune di Arena Po è stato classificato in **Zona Sismica 4** (sismicità molto bassa), identificato da un valore di $a_g < 0,05g$.

Con D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia", Regione Lombardia procede alla determinazione di un livello di classificazione sismica maggiormente cautelativo rispetto a quello vigente e all'aggiornamento della classificazione del territorio lombardo, anche in funzione del riordino della normativa regionale in materia di vigilanza e controllo sulle costruzioni in zona sismica. Nell'Allegato A della D.G.R. viene fornito "l'elenco dei comuni lombardi con indicazione delle relative zone sismiche e dell'accelerazione massima (A_{gmax}) presente all'interno del territorio comunale (O.P.C.M 3519/06 e D.M. 14/01/08)".

Il comune di Arena Po viene riclassificato in **Zona Sismica 3** (sismicità bassa) con A_{gmax} pari a **0,093429g**.

11.3.2. PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Quanto sopra esposto rappresenta la pericolosità sismica di base senza però considerare alcuna modificazione che può subire il moto del suolo causata dal contesto geologico e geomorfologico di un'area, cioè senza modificazioni dovute ad effetti locali.

Va tuttavia fatto osservare come le locali condizioni geologiche e geomorfologiche possano influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area. Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei terreni e dei materiali coinvolti; pertanto, gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione dei possibili effetti locali, distinguibili in due grandi gruppi: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità (o effetti cosismici).

Mentre gli effetti di instabilità interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente tale nei confronti delle sollecitazioni sismiche (esempio i versanti, le frane quiescenti, ecc.), gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese. Quest'ultimi sono rappresentati dall'insieme di modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le strutture locali. Gli effetti di sito si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nella stessa area:

- effetti di *amplificazione topografica*: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto. Se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi, l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;
- effetti di *amplificazione litologica*: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche. Tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

In Regione Lombardia la metodologia per l'approfondimento e la valutazione dell'amplificazione sismica locale è descritta in Allegato 5 alla D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616 "Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.". La metodologia prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio crescente, da applicarsi in funzione della zonazione sismica di appartenenza e degli scenari di pericolosità sismica locale. Solo i primi due livelli sono obbligatori in fase di pianificazione; il terzo

livello di approfondimento è obbligatorio in fase di progettazione sia quando con il secondo livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione morfologica e/o litologica sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni.

I livelli di approfondimento sono di seguito sinteticamente definiti:

I livello: riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento) sia di dati esistenti. Questo livello è obbligatorio per tutti i comuni e prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale sono riportate le diverse situazioni tipo (Tabella 1 dell'Allegato 5 alla D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616) in grado di determinare gli effetti sismici locali.

II livello: caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta di Pericolosità Sismica Locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa). Questo livello è obbligatorio, per i comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3 (come il caso di Arena Po), negli scenari PSL, individuati attraverso il I livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (Z3 e Z4 Tabella 1 dell'Allegato 5 alla D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.

Per i comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato, negli scenari PSL Z3 e Z4, nel caso di costruzione di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al D.D.U.O 22 maggio 2019 n. 7237, ferma restando la facoltà dei comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni (Z1 e Z2 Tabella 1 dell'Allegato 5 alla D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616) non è prevista l'applicazione del II livello di approfondimento, ma il passaggio diretto a quello di III livello.

III livello: definisce gli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi più approfondite.

11.4. PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE PER IL TERRITORIO DI ARENA PO: ANALISI DI I LIVELLO

L'analisi consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; si tratta di un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte. La suddivisione in zone è avvenuta seguendo una suddivisione in situazioni tipo denominate **scenario di pericolosità sismica locale**, (Allegato 5 alla D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616), riportate di seguito nella Tab. 13.1.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	

Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella 1. Scenari di pericolosità sismica locale ai sensi del paragrafo 2.1 della d.g.r. n. IX/2616/2011

Il territorio di Arena Po, prendendo in considerazione le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geotecniche e idrogeologiche come discusse nei capitoli precedenti, è stato così classificato ai fini della pericolosità sismica locale (cfr. Tav. CG05):

Z2a-Zona con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti. Lo scenario, che in parte si sovrappone allo scenario Z4a, copre la parte centro settentrionale del territorio comunale in ragione della presenza di depositi granulari e/o coesivi a scadenti caratteristiche geotecniche e con bassa soggiacenza della falda, in cui sono possibili effetti di cedimento.

Z4a-Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi. Lo scenario copre l'intero territorio comunale in ragione della presenza depositi granulari e/o coesivi di origine fluvio-glaciale in un contesto morfologico di pianura, in cui sono possibili effetti di amplificazioni litologiche e geometriche,

11.5. PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE PER IL TERRITORIO DI ARENA PO: ANALISI DI II LIVELLO

11.5.1. INTRODUZIONE

L'analisi sismica di II livello prevede una caratterizzazione semi quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella prima fase di analisi (di cui come detto se ne recepiscono i risultati) e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore del Fattore di amplificazione (Fa).

Ricadendo in Zona Sismica 3 (secondo la nuova classificazione sismica regionale) per il Comune di Arena Po è obbligatorio l'approfondimento di II livello nelle aree suscettibili di amplificazioni sismiche litologiche (Z4) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree ad espansione urbanistica.

L'approfondimento sismico di II livello è stato eseguito mediante indagine sismica di tipo M.A.S.W., integrata con dati geologico-stratigrafici e geotecnici disponibili.

Inoltre l'analisi ha tenuto in considerazione i risultati di pregresse indagini sismiche svolte a supporto di specifici progetti, tra cui:

- Relazione geologico-geotecnica – VALVOLA V8, oleodotto Sannazzaro-Fiorenzuola (DN 10"); gennaio 2010;
- Relazione geologica e geotecnica. Progetto definitivo, Opere di difesa idraulica dell'abitato di Arena Po; AIPO, dicembre 2008.

L'indagine sismica, di supporto al presente studio, è stata eseguita individuando sette aree campione rappresentative, distribuite nella porzione urbanizzata del territorio comunale, delle aree omogenee di pericolosità sismica locale di I livello potenzialmente soggette ad effetti di amplificazioni litologiche (Z4).

Tali aree, come da cartografia allegata, sono così denominate:

ArenaPO 1: ubicata nella parte orientale del territorio comunale, presso la località di Parpanese. L'area è compresa negli scenari di Pericolosità Sismica Locale **Z4a** e **Z2a**;

ArenaPO 2: ubicata in corrispondenza del capoluogo di Arena Po. L'area è compresa negli scenari di Pericolosità Sismica Locale **Z4a** e **Z2a**;

ArenaPO 3: ubicata nella parte occidentale del territorio comunale, presso la località di Frega, a ridosso della SP 200. L'area è compresa negli scenari di Pericolosità Sismica Locale **Z4a** e **Z2a**;

ArenaPO 4: ubicata nella parte meridionale del territorio comunale, presso la località di Fabbrica. L'area è compresa nello scenario di Pericolosità Sismica Locale **Z4a**;

ArenaPO 5: ubicata nella parte centro meridionale del territorio comunale, tra la stazione di Arena Po e la località Pavesa. L'area è compresa negli scenari di Pericolosità Sismica Locale **Z4a** e **Z2a**;

ArenaPO 6: ubicata nella parte meridionale del territorio comunale, tra la località Chieppa e C.na Gramegna (in comune di Bosnasco). L'area è compresa nello scenario di Pericolosità Sismica Locale **Z4a**;

ArenaPO 7: ubicata nella parte centro orientale del territorio comunale, presso la località di Ripaldina. L'area è compresa negli scenari di Pericolosità Sismica Locale **Z4a** e **Z2a**.

Il II livello di approfondimento non è stato eseguito per i territori rientranti nello scenario di pericolosità sismica locale caratterizzato da cedimenti (Z2a), in quanto la normativa prevede direttamente il passaggio all'analisi di III livello da applicarsi in fase progettuale, ma approfondendo solo gli aspetti di amplificazione stratigrafici-litologici.

Si ricorda che quanto esposto nei paragrafi seguenti è da intendersi come una prima stima del Fattore di amplificazione sismica e che le analisi qui eseguite non sostituiscono le indagini sito specifiche relative al progetto definitivo delle opere (es. calcolo delle V_{seq} a partire dal piano di posa delle fondazioni etc.).

11.5.2. PROCEDURA SEMPLIFICATA DI II LIVELLO PER AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE: SCENARI Z4

La procedura adottata per l'analisi di II livello fa riferimento a quanto riportato nell'Allegato 5 alla predetta D.G.R. IX/2616. Sinteticamente, la procedura di II livello prevede la verifica della validità dei valori soglia di accelerazione indicati dalla normativa nazionale mediante un approccio semi quantitativo che fornisce un valore di Fattore di amplificazione (Fa).

I valori di Fa sono riferiti a due periodi, a loro volta caratteristici di tipologie differenti di costruzioni scelte in base a quelle più diffuse in Regione Lombardia. Per strutture basse, regolari e piuttosto rigide si deve considerare il Fattore di amplificazione relativo a un periodo di 0,1-0,5 secondi, mentre per strutture più alte e flessibili si considera il Fattore di amplificazione calcolato relativo a un periodo di 0,5-1,5 secondi.

La procedura prevede che venga determinato il profilo delle velocità delle onde sismiche nel sottosuolo fino al raggiungimento del bedrock simico (pari a una velocità ≥ 800 m/s).

In tutti gli approfondimenti del presente lavoro, i profili di velocità delle onde sismiche nel sottosuolo sono stati eseguiti mediante la metodologia M.A.S.W., ottenuti durante un'apposita campagna di indagine effettuata il 24 e 25 ottobre 2018.

In base alla litologia prevalente nel sito si possono utilizzare le schede di valutazione predisposte nell'Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616, in cui sono identificate le schede per le seguenti litologie:

- litologia ghiaiosa
- litologia limoso argillosa Tipo 1
- litologia limoso argillosa Tipo 2
- litologia limoso sabbiosa Tipo 1
- litologia limoso sabbiosa Tipo 2
- litologia sabbiosa

Individuata la scheda se ne determina la validità confrontando il profilo di velocità delle onde sismiche nel sottosuolo con l'apposito grafico. Si inizierà a confrontarlo con la scheda tipo 1; nel caso in cui il profilo non rientrasse nel campo di validità per velocità minori di 600 m/s si verificherà se esso ricade in quello della scheda 2 e così via.

Nel caso in cui esista la scheda per la litologia considerata ma il profilo non rientra nel campo di validità, si potrà usare una scheda prevista per litologia diverse che presenti un andamento delle Vs simile a quelle riscontrate nell'indagine. Parimenti qualora non esista una scheda per la litologia considerata, si potrà usare una scheda che presenti il profilo delle Vs simile a quello riscontrato nell'indagine.

Una matrice di valutazione, presente in ogni scheda, consente di scegliere, in funzione della profondità e della velocità dello strato superficiale, la curva più appropriata (identificata da numero e colore) per la determinazione di Fa.

Il valore di Fa viene determinato in base all'andamento della curva e al valore del periodo proprio del sito T, definito considerando tutta la stratigrafia fino al raggiungimento della velocità di 800 m/s. La definizione del periodo proprio è dato dalla formula:

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

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

Il valore di Fa così determinato, per i periodi di 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s viene confrontato con i valori soglia predisposti da Regione Lombardia, considerando la categoria di suolo corrispondente.

Per tutte le aree indagate la categoria di suolo è stata determinata sia valutando i dati bibliografici esistenti riguardanti la litologia e le caratteristiche geotecniche dei terreni sia mediante il calcolo delle V_{s30} utilizzando i dati raccolti durante la campagna di indagine sismica effettuata per l'analisi di II livello.

La V_{s30} è stata determinata secondo quanto indicato dall'ex D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche sulle costruzioni" ed è così definita:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}$$

dove H_i e V_{s_i} indicano lo spessore e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei primi 30 m di profondità.

Per il Comune di Arena Po i valori soglia di riferimento calcolati, predisposti da Regione Lombardia, sono:

Intervallo	Categoria di suolo			
	B	C	D	E
0,1-0,5 s	1,4	1,8	2,2	2,0
0,5-1,5 s	1,7	2,4	4,2	3,1

11.5.3. METODOLOGIA DI INDAGINE: MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACES WAVES (M.A.S.W.)

L'indagine M.A.S.W., utilizzata nel presente studio, permette di determinare l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali (qui nello specifico la componente verticale delle onde di Rayleigh - ZVF), che rappresentano più di due terzi dell'energia sismica generata.

La procedura M.A.S.W. può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

1. acquisizione dei dati di campo rappresentati dalle onde superficiali (ZVF);
2. costruzione della curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale che descrive la variazione di V_s con la profondità.

Per ottenere un profilo della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Le onde di superficie sono state generate (sorgente) tramite una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico posto ad una distanza di 10 metri (offset minimo) dal primo geofono dello stendimento; per la registrazione sono stati utilizzati geofoni verticali da 4,5 Hz collegati ad un sismografo GEA24 a 24 canali della PASI.

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare di 24 geofoni con spaziatura pari a 2 metri.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Per ottenere il profilo verticale della V_s dalla curva di dispersione viene stimato un valore di densità del terreno e del coefficiente di Poisson sulla base della tipologia dei materiali attraversati e della presenza di falda.

11.5.4. ARENA PO 1

Il sito di indagine sismica è ubicato nella parte orientale del territorio comunale, presso la località di Parpanese; l'area si presenta pianeggiante e ad uso "tessuto residenziale rado e nucleiforme (fonte: DUSAF 7 – uso del suolo 2023). È stata realizzata una stesa sismica lineare a 24 geofoni equidistanziati tra loro di 2 metri, per una lunghezza totale di 46 metri. Le energizzazioni sono state eseguite ad una estremità dello stendimento, a distanza di 10 metri dal primo geofono.



Arena Po 1: traccia stesa sismica M.A.S.W. (in rosso)

Dal punto di vista geologico, riferendosi allo studio geologico di supporto al PGT vigente, l'area è caratterizzata da depositi alluvionali costituiti da sabbie, limi e argille.

Nelle immediate vicinanze dell'area non sono presenti alcune indagini geognostiche; la più prossima si trova a circa 600 metri a Sud Sud Est. Si tratta di un sondaggio geognostico la cui stratigrafia è reperibile dalla Banca Dati Geologica di Sottosuolo di Regione Lombardia (codice identificativo: B8E142292559).

La stratigrafia mostra uno strato superficiale di spessore di 8 metri costituito da argilla; al di sotto, fino a 12 metri di profondità, si passa a sabbie e limi sabbiosi e dai 12 ai 20 metri sabbie e ghiaietto. Di seguito si riporta la stratigrafia di dettaglio:

Strato	Da	A	Spessore	descrizione	sigla
1	0	8	8	Argilla	A
2	8	10	2	Sabbia	S
3	10	12	2	Limi sabbiosi	L S
4	12	20	8	Sabbia e ghiaietto	S GG

L'analisi sismica ha permesso poi la costruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità. Dall'inversione delle curve di dispersione ricavate dallo stendimento sismico si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Strato	Profondità (m)		Spessore (m)	Vs (m/s)
	da	a		
1	0,0	1,1	1,1	180
2	1,1	6,3	5,2	185
3	6,3	12,3	6,0	230
4	12,3	15,3	3,0	285
5	15,3	30	14,7	335

Profilo di velocità delle onde S.

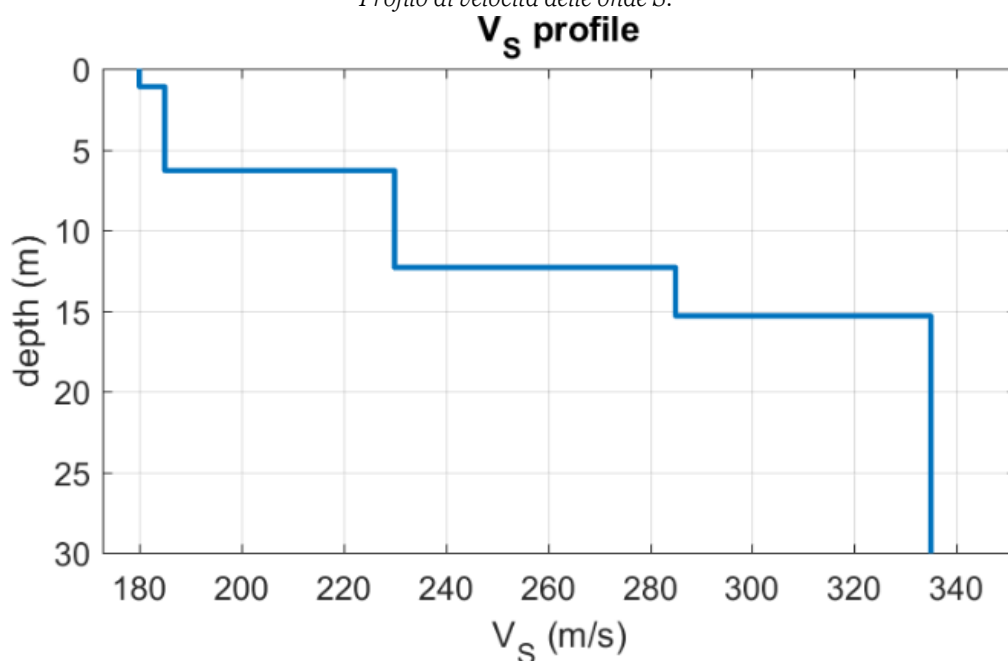
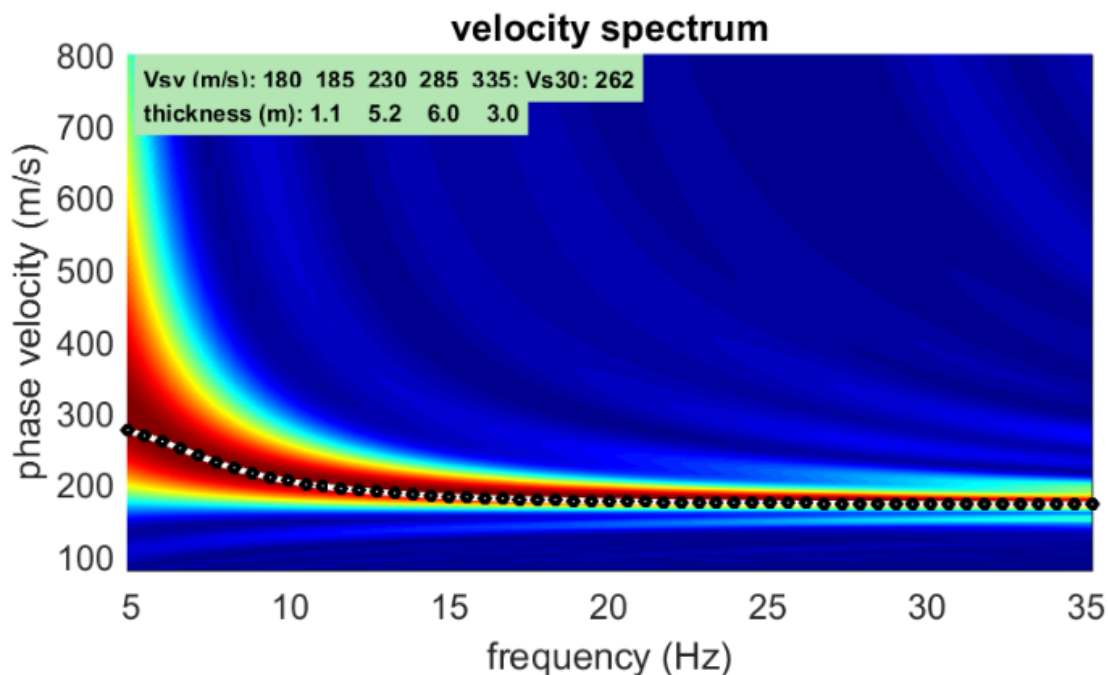


Grafico del profilo di velocità delle onde S.



Curva di inversione e dispersione

Non avendo raggiunto il bedrock sismico ($V_s \geq 800$ m/s) è stato elaborato un opportuno gradiente delle V_s con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 103 m, delimitando uno strato di 73 m di spessore e una V_s pari a 629 m/s (calcolata come media pesata dei valori di V_s dello strato).

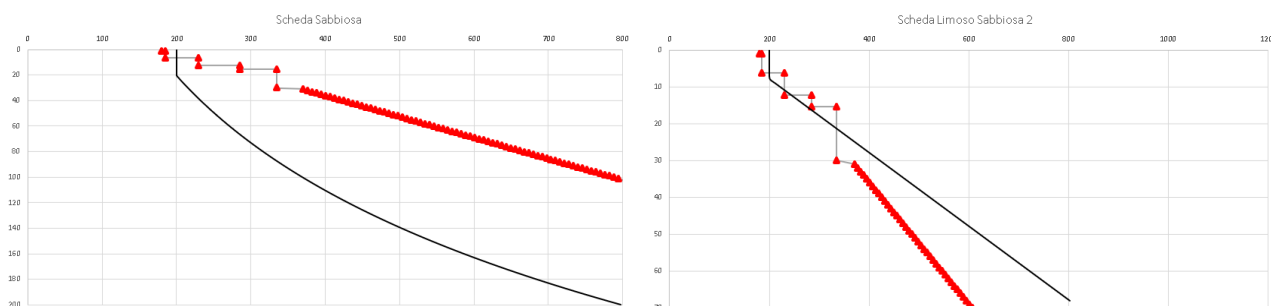
In base alla stratigrafia sismica è stato calcolato il valore di V_{s30} che risulta pari a 262 m/s, a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo **C** (tabella 3.2 II, ex D.M. 14/01/2008).

Scheda di valutazione di riferimento

Come già in precedenza richiamato, la Regione Lombardia propone una procedura semplificata per la valutazione dei Fattori di amplificazione per lo scenario Z4. La normativa propone infatti una serie di schede di valutazione che correlano il Fattore di amplificazione con il periodo proprio del sito T , calcolato sulla base dei dati geofisici ottenuti dalle analisi sismiche.

Riferendosi agli unici dati litologici prossimi all'area si ipotizza che la litologia prevalente presente nel sito sia costituita da alternanze di limi, argille e sabbie; questo fa ricadere la scelta sulla scheda di valutazione sabbiosa o limoso-sabbiosa.

A questo punto è stata verificata la validità delle schede di valutazione individuate con l'andamento dei valori di V_s con la profondità.



La scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine, è la **scheda di valutazione Limoso Sabbiosa di Tipo 2**.

Curva T-Fa

In funzione della profondità e della curva delle velocità Vs dello strato superficiale, utilizzando la matrice della scheda di valutazione, è stata scelta la curva più appropriata per la valutazione del valore del Fattore di amplificazione (Fa). Come strato superficiale è stato considerato lo spessore di 12,3 metri di materiali presenti subito al di sotto del piano campagna, a cui corrisponde una velocità media pari a 207 m/s; con questi valori la scelta è ricaduta sulla curva 1 (rossa) del grafico T-Fa.

		Profondità primo strato (m)																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	35	40	50	60						
Velocità primo strato (m/s)	200				1	1	1	1	1	1	1																		
	250				2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1													
	300				3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2												
	350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3											
	400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3										
	450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3									
	500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3								
	600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3							
	700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3						

Matrice per la scelta della curva più appropriata per il calcolo del Fattore di Amplificazione per la Scheda Limoso Sabbiosa Tipo 2.

Calcolo del Periodo proprio del sito (T)

Il calcolo di T considera tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s con la seguente formula:

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

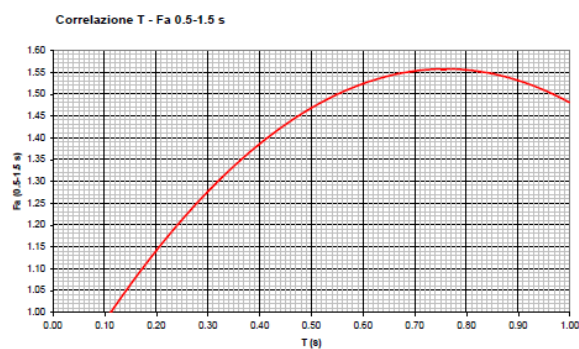
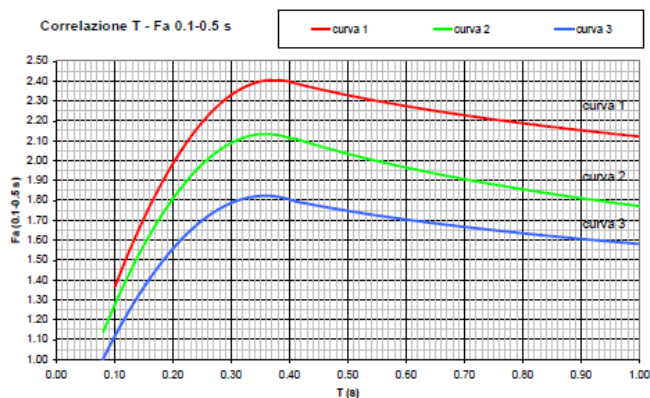
L'indagine sismica non ha raggiunto velocità comparabili con quelle del substrato sismico ($V_s > 800$ m/s), pertanto è stato elaborato un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 103 m, delimitando uno strato di 73 m di spessore e una Vs pari a 629 m/s (calcolata come media pesata dei valori di Vs dello strato).

Sulla base della stratigrafia sismica completa è stato calcolato un valore del *periodo proprio del sito* pari a 0,78 s.

Fattore di Amplificazione (Fa)

Il calcolo del Fattore di Amplificazione, per i due periodi tipici 0,1-0,5 s (strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide) e 0,5-1,5 s (strutture più alte e più flessibili), è stato effettuato dall'applicazione delle formule o dalla lettura del grafico, considerando la curva T-Fa scelta e il periodo proprio del sito calcolato.



$$Fa_{0.5-1.5} = -1.33T^2 + 2.02T + 0.79$$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

In relazione alla Scheda di valutazione Limoso Sabbiosa Tipo 2 i valori di Fa calcolati per i relativi periodi sono:

Fa (0.1-0.5 s) 2,2

Fa (0.5-1.5 s) 1,6

Il valore di Fa ottenuto tiene in considerazione una variabilità di +0,1, così come indicato nell'Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011.

11.5.5. ARENA PO 2

Il sito di indagine sismica è ubicato in corrispondenza del capoluogo di Arena Po; l'area si presenta pianeggiante e ad uso impianti sportivi (fonte: DUSAF 7 – uso del suolo 2023), a margine del tessuto urbano residenziale.

È stata qui realizzata una stesa sismica lineare a 24 geofoni equidistanziati tra loro di 2 metri, per una lunghezza totale di 46 metri. Le energizzazioni sono state eseguite all'estremità dello stendimento, a distanza di 10 metri dal primo geofono.



Arena Po 2: traccia stesa sismica M.A.S.W. (in rosso)

Dal punto di vista geologico, riferendosi allo studio geologico di supporto al PGT vigente, l'area è caratterizzata da depositi alluvionali costituiti da sabbie, limi e argille.

Nelle immediate vicinanze dell'area, a circa 200 m a Sud, è presente un sondaggio geognostico, la cui stratigrafia è reperibile dalla Banca Dati Geologica di Sottosuolo di Regione Lombardia (codice identificativo: B8D183633348). Il sondaggio è poco profondo (6,6 metri) e attraversa litologie argillose a cui si intercala un orizzonte a ghiaie sabbiose. Di seguito si riporta la stratigrafia di dettaglio:

Strato	Da	A	Spessore	descrizione	sigla
1	0	2,9	2,9	Argilla gialla	A
2	2,9	4	1,1	Ghiaia sabbiosa prima falda	G S
3	4	6,6	2,6	Argilla azzurra Pliocene?	A

L'analisi sismica ha permesso poi la costruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità. Dall'inversione delle curve di dispersione ricavate dallo stendimento sismico si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Strato	Profondità (m)		Spessore (m)	Vs (m/s)
	da	a		
1	0,0	3,6	3,6	252
2	3,6	4,8	1,2	235
3	4,8	9,4	4,6	578

4	9,4	15,5	6,1	390
5	15,5	30,0	14,5	655

Profilo di velocità delle onde S.

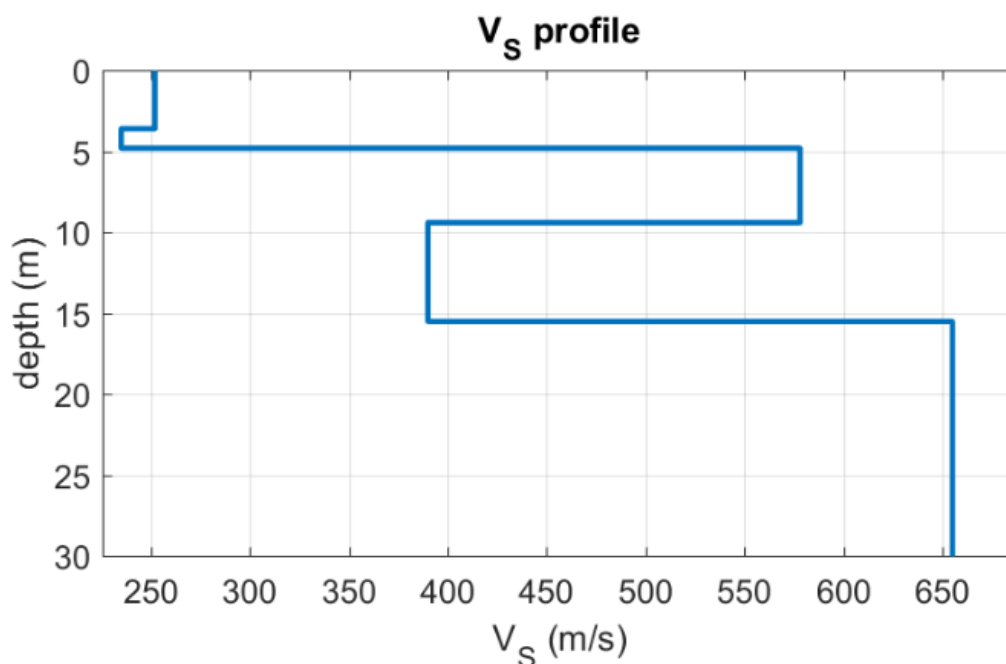
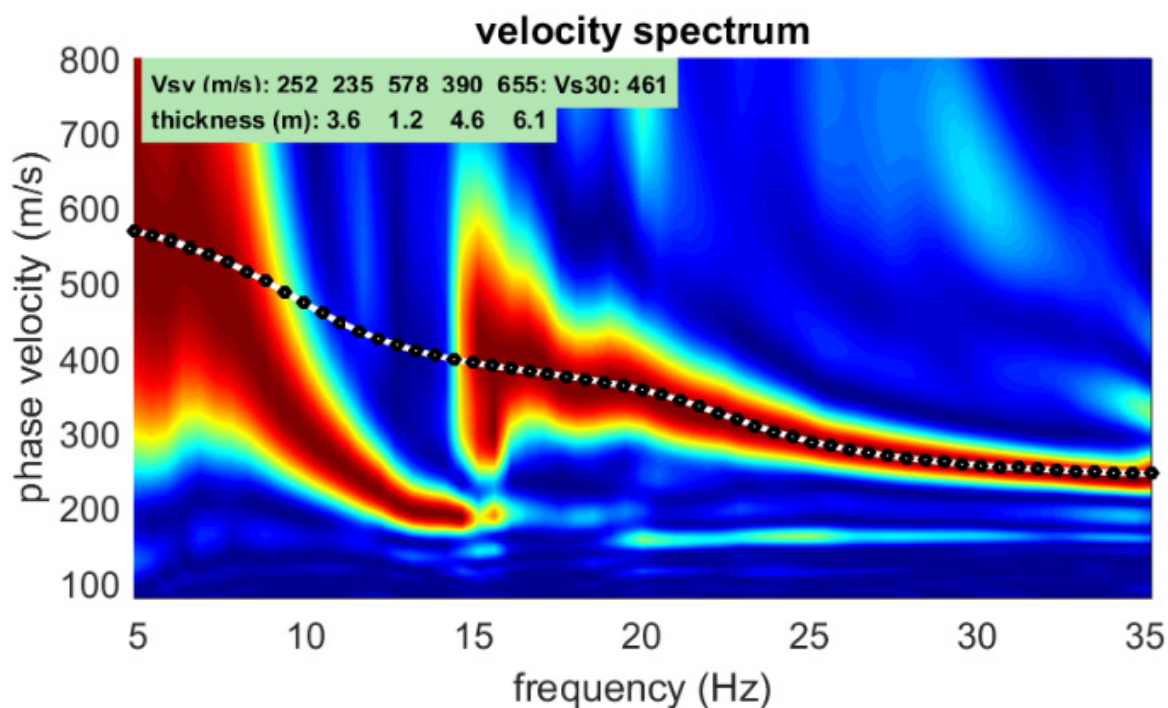


Grafico del profilo di velocità delle onde S.



Curva di inversione e dispersione

Non avendo raggiunto il bedrock sismico ($V_s \geq 800$ m/s) è stato elaborato un opportuno gradiente di V_s con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 38,0 metri, delimitando uno strato di 8,0 metri di spessore e una V_s pari a 764 m/s (calcolata come media pesata dei valori di V_s dello strato).

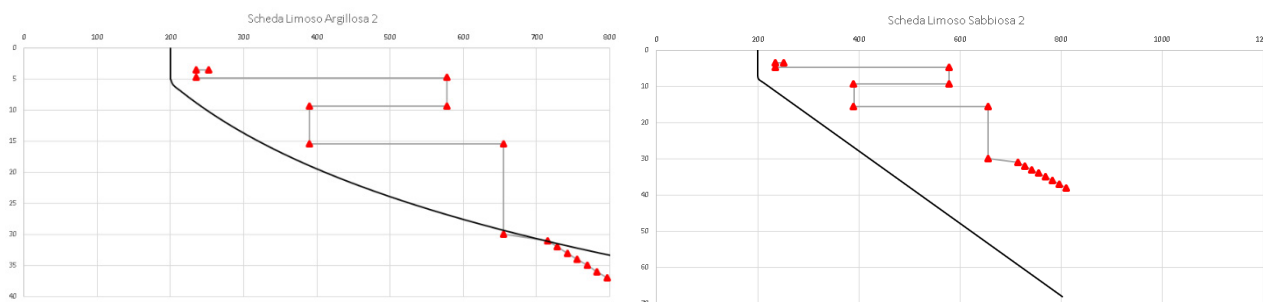
In base alla stratigrafia sismica è stato calcolato il valore di V_{s30} che risulta pari a 461 m/s, a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo **B** (tabella 3.2 II, ex D.M. 14/01/2008).

Scheda di valutazione di riferimento

Come già in precedenza richiamato, la Regione Lombardia propone una procedura semplificata per la valutazione dei Fattori di Amplificazione per lo scenario Z4. La normativa propone infatti una serie di schede di valutazione che correlano il Fattore di Amplificazione con il periodo proprio del sito T , calcolato sulla base dei dati geofisici ottenuti dalle analisi sismiche.

Riferendosi ai dati litologici prossimi all'area si ipotizza che la litologia prevalente presente nel sito sia costituita limi e argille; questo fa ricadere la scelta sulla scheda di valutazione limoso-argillosa o se proprio limoso-sabbiosa.

A questo punto è stata verificata la validità delle schede di valutazione individuate con l'andamento dei valori di V_s con la profondità.



Essendo in presenza di alternanze litologiche con inversioni di velocità con la profondità è stata utilizzata la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle V_s con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine, accettando anche i casi in cui i valori di V_s escono da campo di validità a causa dell'inversione. L'andamento delle V_s con la profondità si adatta però bene ad entrambe le schede di valutazione individuate. Compatibilmente con il quadro geologico stratigrafico di riferimento si è però optato di fare riferimento, per la determinazione del Fattore di amplificazione, alla scheda di valutazione **Limoso Argillosa di Tipo 2**.

Curva T-Fa

In funzione della profondità e della curva delle velocità V_s dello strato superficiale, utilizzando la matrice della scheda di valutazione, è stata scelta la curva più appropriata per la valutazione del valore del Fattore di Amplificazione (F_a). Come strato superficiale è stato considerato lo spessore di 4,8 metri di materiali presenti subito al di sotto del piano campagna, a cui corrisponde una velocità media pari a 248 m/s; con questi valori la scelta è ricaduta sulla curva 2 (verde) del grafico T- F_a , per entrambe le ipotesi.

		Profondità primo strato (m)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
200					2	1	1														
250					2	2	2	2	1	1	1										
300					3	3	3	3	2	2	2	2	1								
350					3	3	3	3	3	3	3	3	3	3							
400					3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
450					3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
500					3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
600					3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
700					3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Matrice per la scelta della curva più appropriata per il calcolo del Fattore di Amplificazione per la Scheda Limoso Argillosa Tipo 2.

Calcolo del Periodo proprio del sito (T)

Il calcolo di T considera tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s con la seguente formula:

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

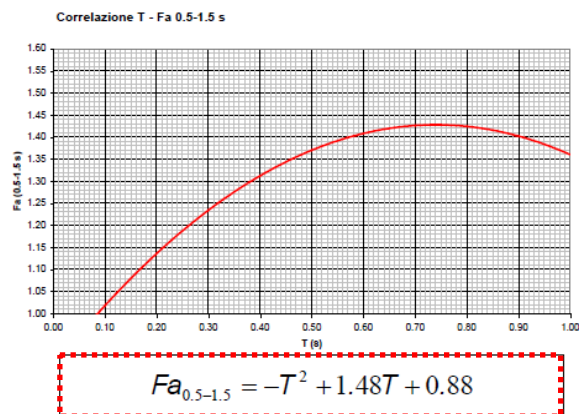
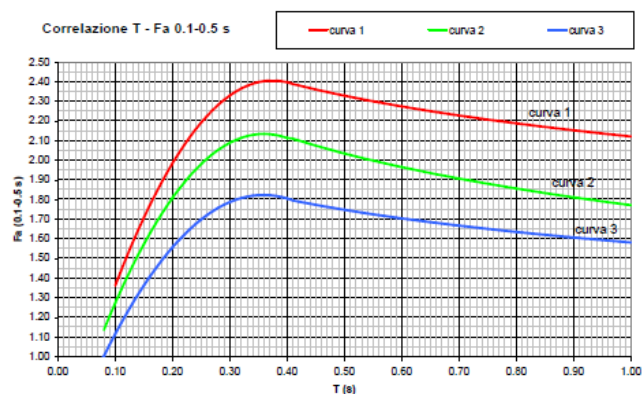
L'indagine sismica non ha raggiunto velocità comparabili con quelle del substrato sismico ($V_s > 800$ m/s), pertanto è stato elaborato un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 38,0 m, delimitando uno strato di 8,0 m di spessore e una Vs pari a 764 m/s (calcolata come media pesata dei valori di Vs dello strato).

Sulla base della stratigrafia sismica completa è stato calcolato un valore del *periodo proprio del sito pari a 0,26 s*.

Fattore di amplificazione (Fa)

Il calcolo del Fattore di amplificazione, per i due periodi tipici 0,1-0,5 s (strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide) e 0,5-1,5 s (strutture più alte e più flessibili), è stato effettuato dall'applicazione delle formule o dalla lettura del grafico, considerando la curva T-Fa scelta e il periodo proprio del sito calcolato.



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

In relazione alla Scheda di valutazione Limoso Argillosa Tipo 2 i valori di Fa calcolati per i relativi periodi sono:

Fa (0,1-0,5 s) 2,0

Fa (0,5-1,5 s) 1,2

Il valore di Fa ottenuto tiene in considerazione una variabilità di +0,1, così come indicato nell'Allegato 5 alla d.g.r. IX/2616 del 30 novembre 2011.

11.5.6. ARENA PO 3

Il sito di indagine sismica è ubicato in località Frega, nella porzione Nord occidentale del territorio comunale; l'area si presenta pianeggiante e ad uso seminativi semplici (fonte: DUSAF 7 – uso del suolo 2023).

È stata realizzata una stesa sismica lineare a 24 geofoni equidistanziati tra loro di 2 metri, per una lunghezza totale di 46 metri. Le energizzazioni sono state eseguite all'estremità dello stendimento, a distanza di 10 metri dal primo geofono.



Arena Po 3: traccia stesa sismica M.A.S.W. (in rosso)

Dal punto di vista geologico, riferendosi allo studio geologico di supporto al PGT vigente, l'area è caratterizzata da depositi alluvionali costituiti da sabbie, limi e argille.

Nelle immediate vicinanze dell'area, a circa 100-150 m a Nord, sono presenti due sondaggi geognostico, la cui stratigrafia è reperibile dalla Banca Dati Geologica di Sottosuolo di Regione Lombardia (codice identificativo: B8D167333909 e B8D168053979). I due sondaggi sono poco profondi (rispettivamente 9 e 3,5 metri) e attraversano litologie costituite da argille e sabbie. Di seguito si riportano le stratigrafie di dettaglio:

Strato	Da	A	Spessore	descrizione	sigla
1	0	3	3	Argilla e sabbia	A S
2	3	6	3	Sabbia fine	S4
3	6	9	3	Sabbia e ciotoli	S GC

Stratigrafia B8D167333909

Strato	Da	A	Spessore	descrizione	sigla
1	0	3	3	Argilla gialla sabbiosa	A S
2	3	3,5	0,5	Argilla gialla compatta sabbiosa	A S

Stratigrafia B8D168053979

L'analisi sismica ha permesso la costruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità. Dall'inversione delle curve di dispersione ricavate dallo stendimento sismico si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Strato	Profondità (m)		Spessore (m)	Vs (m/s)
	da	a		
1	0,0	3,0	3	195
2	3,0	9,0	6	235
3	9,0	13,8	4,8	255
4	13,8	20,7	6,9	390
5	20,7	30,0	9,3	490

Profilo di velocità delle onde S.

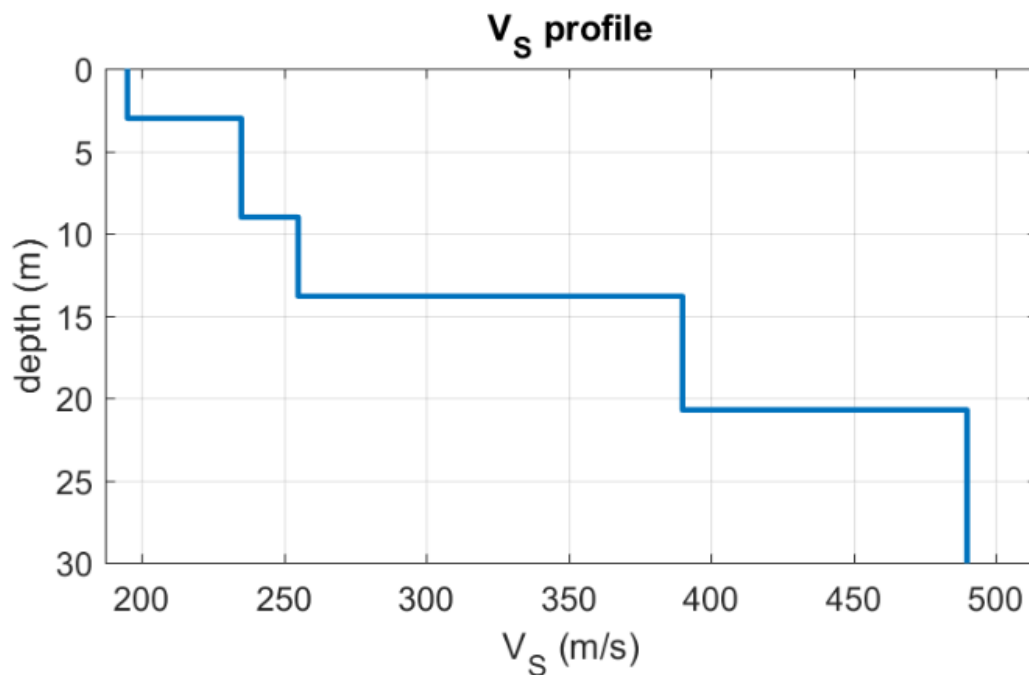
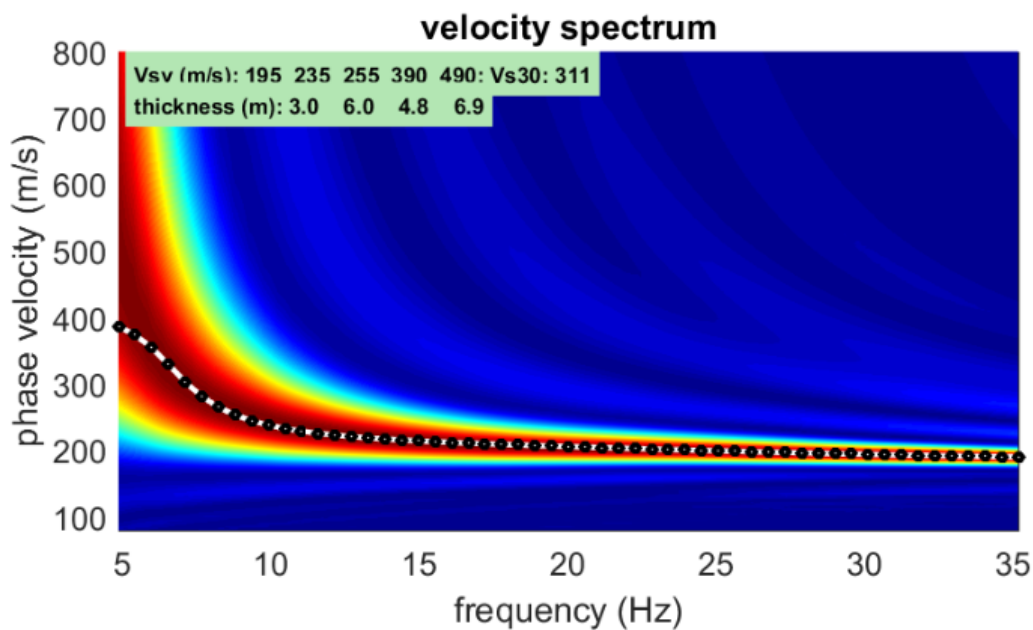


Grafico del profilo di velocità delle onde S.



Non avendo raggiunto il bedrock sismico ($V_s \geq 800$ m/s) è stato elaborato un opportuno gradiente di V_s con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 55,0 metri, delimitando uno strato di 24,0 metri di spessore e una V_s pari a 674 m/s (calcolata come media pesata dei valori di V_s dello strato).

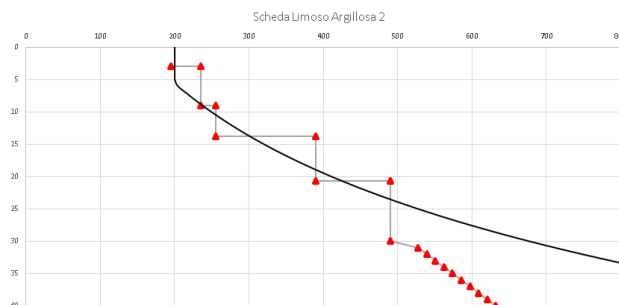
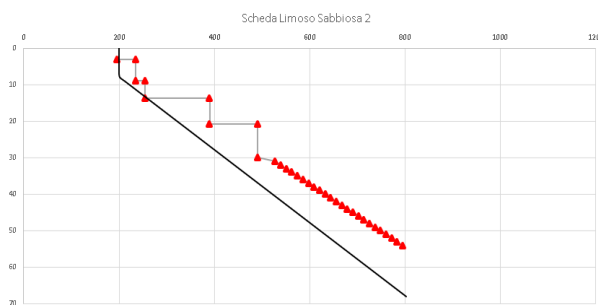
In base alla stratigrafia sismica è stato calcolato il valore di V_{s30} che risulta pari a 311 m/s, a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo **C** (tabella 3.2 II, ex D.M. 14/01/2008).

Scheda di valutazione di riferimento

Come già in precedenza richiamato, la Regione Lombardia propone una procedura semplificata per la valutazione dei Fattori di Amplificazione per lo scenario Z4. La normativa propone infatti una serie di schede di valutazione che correlano il Fattore di Amplificazione con il periodo proprio del sito T , calcolato sulla base dei dati geofisici ottenuti dalle analisi sismiche.

Riferendosi ai dati litologici si ipotizza che la litologia prevalente presente nel sito sia costituita da argille e sabbie.

A questo punto è stata verificata la validità delle schede di valutazione individuate con l'andamento dei valori di V_s con la profondità.



L'andamento delle V_s con la profondità, anche in relazione all'omogeneità delle litologie presenti, si adatta meglio alla scheda di valutazione **Limoso Sabbiosa di Tipo 2**.

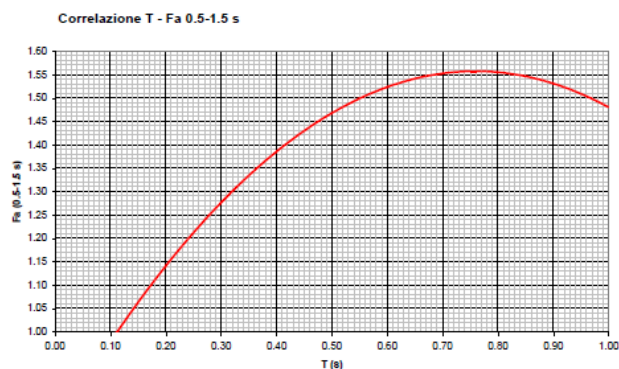
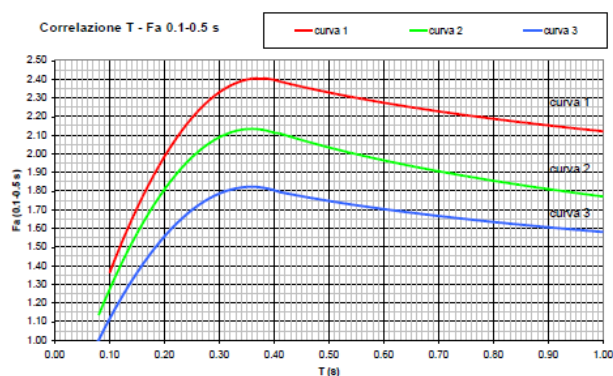
Curva T-Fa

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

Sulla base della stratigrafia sismica completa è stato calcolato un valore del periodo proprio del sito pari a 0,44 s.

Fattore di Amplificazione (Fa)

Il calcolo del Fattore di Amplificazione, per i due periodi tipici 0,1-0,5 s (strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide) e 0,5-1,5 s (strutture più alte e più flessibili), è stato effettuato dall'applicazione delle formule o dalla lettura del grafico, considerando le curva T-Fa scelte e il periodo proprio del sito calcolato.



$$Fa_{0,5-1,5} = -1.33T^2 + 2.02T + 0.79$$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$ $Fa_{0,1-0,5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0,1-0,5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$ $Fa_{0,1-0,5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0,1-0,5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0,1-0,5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0,1-0,5} = 1.58 - 0.24LnT$

Scheda di valutazione Limoso Sabbiosa Tipo

In relazione alla Scheda di valutazione Limoso Sabbiosa Tipo 2 i valori di Fa calcolati per i relativi periodi sono:

Fa (0,1-0,5 s) **2,1**
Fa (0,5-1,5 s) **1,4**

Il valore di Fa ottenuto tiene in considerazione una variabilità di +0,1, così come indicato nell'Allegato 5 alla d.g.r. IX/2616 del 30 novembre 2011.

11.5.7. ARENA PO 4

Il sito di indagine sismica è ubicato nella parte sud orientale del territorio comunale, presso la località di Fabbrica, poche centinaia di metri dal confine con il Comune di Bosnasco. l'area si presenta pianeggiante e ad uso seminativi semplici e prati, prossimi al tessuto urbano rado (fonte: DUSAF 7 – uso del suolo 2023).

È stata qui realizzata una stesa sismica lineare a 24 geofoni equidistanziati tra loro di 2 metri, per una lunghezza totale di 46 metri. Le energizzazioni sono state eseguite ad una estremità dello stendimento, a distanza di 10 metri dal primo geofono.



Arena Po 4: traccia stesa sismica M.A.S.W. (in rosso)

Dal punto di vista geologico, riferendosi allo studio geologico di supporto al PGT vigente, l'area è caratterizzata da depositi alluvionali “del terrazzo raccordabile altimetricamente con quello riportato al colle di San Colombano”, costituiti da sabbie, limi e argille.

Nelle immediate vicinanze dell'area sono presenti alcuni sondaggi geognostico, la cui stratigrafia è reperibile dalla Banca Dati Geologica di Sottosuolo di Regione Lombardia. I più prossimi, a circa 300-400 m a Sud (codice identificativo: B8D194540332 e B8D191290376), attraversano alternanze di strati di argilla e sabbie fini e grossolane fino alla profondità di 27 metri. Di seguito si riportano le stratigrafie di dettaglio:

Strato	Da	A	Spessore	descrizione	sigla
1	0	19,5	19,5	Argilla gialla compatta	A
2	19,5	20,5	1	Sabbia fine limosa	S4 L
3	20,5	25	4,5	Sabbia granosa gialla	S1
4	25	26	1	Argilla azzurra	A

Stratigrafia B8D194540332

Strato	Da	A	Spessore	descrizione	sigla
1	0	1	1	Terreno vegetale	ZS
2	1	20	19	Argilla gialla	A
3	20	25	5	Sabbia granosa con presenza di ghiaietto	S1 GG
4	25	27	2	Argilla azzurra	A

Stratigrafia B8D191290376

L'analisi sismica ha permesso poi la ricostruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità. Dall'inversione delle curve di dispersione ricavate dallo stendimento sismico si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Strato	Profondità (m)		Spessore (m)	Vs (m/s)
	da	a		
1	0,0	3,2	3,2	190
2	3,2	6,3	3,1	120
3	6,3	11,2	4,9	254
4	11,2	20,0	8,8	325
5	20,0	30,0	10	590

Profilo di velocità delle onde S.

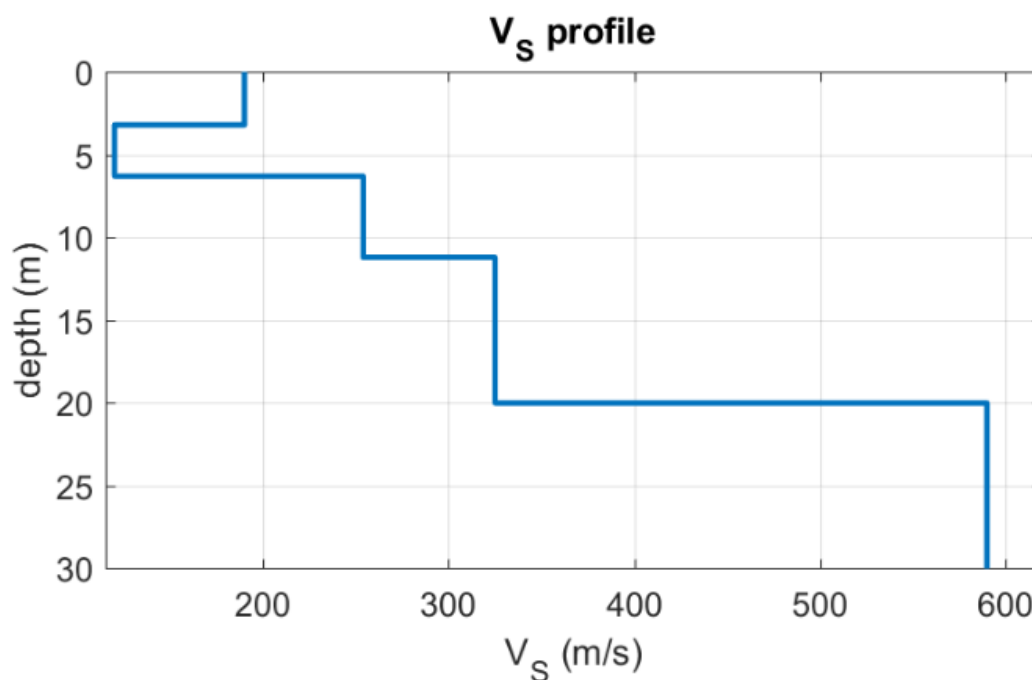
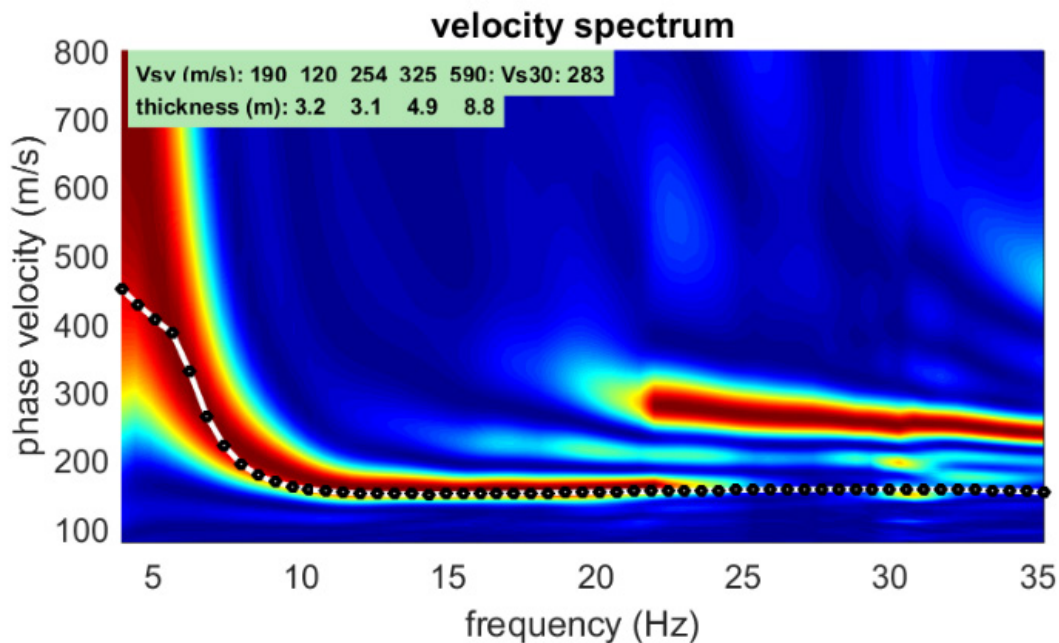


Grafico del profilo di velocità delle onde S.



Curva di inversione e dispersione

Non avendo raggiunto il bedrock sismico ($V_s \geq 800$ m/s) è stato elaborato un opportuno gradiente di V_s con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 41,0 metri, delimitando uno strato di 11,0 metri di spessore e una V_s pari a 719 m/s (calcolata come media pesata dei valori di V_s dello strato).

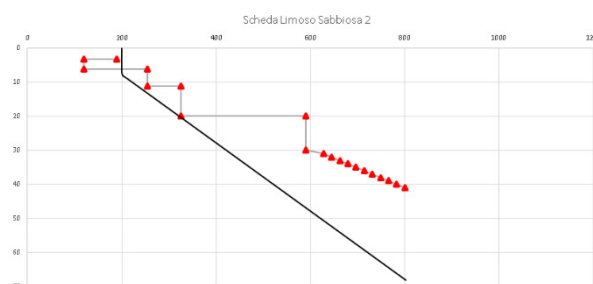
In base alla stratigrafia sismica è stato calcolato il valore di V_{s30} che risulta pari a 283 m/s, a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo **C** (tabella 3.2 II, ex D.M. 14/01/2008).

Scheda di valutazione di riferimento

Come già in precedenza richiamato, la Regione Lombardia propone una procedura semplificata per la valutazione dei Fattori di Amplificazione per lo scenario Z4. La normativa propone infatti una serie di schede di valutazione che correlano il Fattore di Amplificazione con il periodo proprio del sito T , calcolato sulla base dei dati geofisici ottenuti dalle analisi sismiche.

Riferendosi ai dati litologici si ipotizza che la litologia prevalente presente nel sito sia costituita da argille e sabbie.

A questo punto è stata verificata la validità delle schede di valutazione individuate con l'andamento dei valori di V_s con la profondità.



L'andamento delle V_s con la profondità, anche in relazione all'eterogeneità delle litologie presenti, è simile sia alla Scheda di Valutazione Limoso Argillosa di Tipo 2 sia alla Scheda di Valutazione Limoso Sabbiosa Tipo 2, anche se per la scheda Limoso Argillosa di Tipo 2 la stratigrafia sismica del sito si trova a cavallo del limite di validità. Quindi

si è optato di riferirsi unicamente alla scheda Limoso Sabbiosa di Tipo 2, in riferimento alla quale la stratigrafia sismica è meglio compresa nel campo di validità, ammettendo anche l'inversione di velocità superficiale.

Curva T-Fa

In funzione della profondità e della curva delle velocità Vs dello strato superficiale, utilizzando la matrice della scheda di valutazione, è stata scelta la curva più appropriata per la valutazione del valore del Fattore di Amplificazione (Fa). Come strato superficiale è stato considerato lo spessore di 20 metri di materiali presenti subito al di sotto del piano campagna, a cui corrisponde una velocità media pari a 254 m/s; con questi valori la scelta è ricaduta sulla curva 2 (verde) del grafico T-Fa, per la scheda di valutazione considerata.

		Profondità primo strato (m)																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	35	40	50	60						
Velocità primo strato (m/s)	200				1	1	1	1	1	1	1																		
	250				2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1													
	300				3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2												
	350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3											
	400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3										
	450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3									
	500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3								
	600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3							
	700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3						

Matrice per la scelta della curva più appropriata per il calcolo del Fattore di Amplificazione per la Scheda Limoso Sabbiosa Tipo 2

Calcolo del Periodo proprio del sito (T)

Il calcolo di T considera tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s con la seguente formula:

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

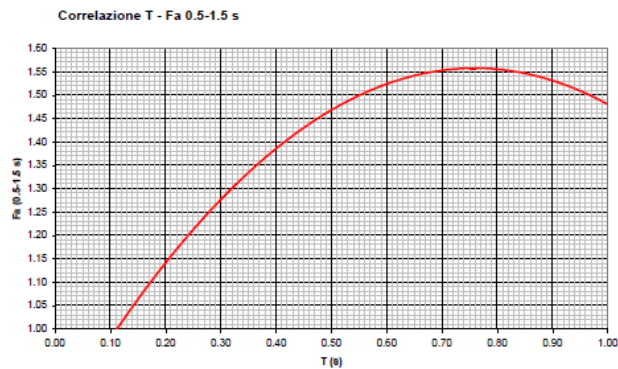
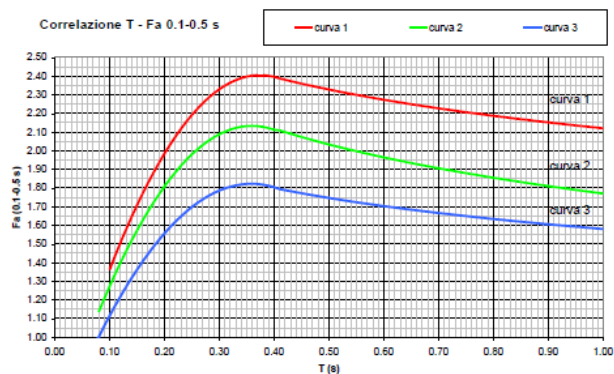
Non avendo raggiunto il bedrock sismico ($V_s \geq 800$ m/s) è stato elaborato un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 41,0 metri, delimitando uno strato di 11,0 metri di spessore e una Vs pari a 719 m/s (calcolata come media pesata dei valori di Vs dello strato).

Sulla base della stratigrafia sismica completa è stato calcolato un valore del *periodo proprio del sito* pari a 0,36 s.

Fattore di amplificazione (Fa)

Il calcolo del Fattore di amplificazione, per i due periodi tipici 0,1-0,5 s (strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide) e 0,5-1,5 s (strutture più alte e più flessibili), è stato effettuato dall'applicazione delle formule o dalla lettura del grafico, considerando le curva T-Fa scelte e il periodo proprio del sito calcolato.



$$Fa_{0.5-1.5} = -1.33T^2 + 2.02T + 0.79$$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

In relazione alla Scheda di valutazione Limoso Sabbiosa Tipo 2 i valori di Fa calcolati per i relativi periodi sono:

Fa (0,1-0,5 s) 2,1

Fa (0,5-1,5 s) 1,3

Il valore di Fa ottenuto tiene in considerazione una variabilità di +0,1, così come indicato nell'Allegato 5 alla d.g.r. IX/2616 del 30 novembre 2011.

11.5.8. ARENA PO 5

Il sito di indagine sismica è ubicato nella parte centro meridionale del territorio comunale, tra la stazione di Arena Po e la località Pavese, in corrispondenza della scarpata di un terrazzo alluvionale; l'area si presenta pianeggiante (balza da terrazzamento antropico) e ad uso seminativi semplici (fonte: DUSAF 7 – uso del suolo 2023).

È stata qui realizzata una stesa sismica lineare a 24 geofoni equidistanziati tra loro di 2 metri, per una lunghezza totale di 46 metri. Le energizzazioni sono state eseguite ad una estremità dello stendimento, a distanza di 10 metri dal primo geofono.



Arena Po 5: traccia stesa sismica M.A.S.W. (in rosso)

Dal punto di vista geologico, riferendosi allo studio geologico di supporto al PGT vigente, l'area è caratterizzata da depositi alluvionali costituiti da sabbie, limi e argille, al passaggio tra il “terrazzo raccordabile altimetricamente con quello riportato al colle di San Colombano” e la “superficie principale della pianura”.

Nelle immediate vicinanze dell'area sono presenti alcuni sondaggi geognostici riportati nella Banca Dati Geologica di Sottosuolo di Regione Lombardia. Il più vicino all'area di indagine, di cui è disponibile la stratigrafia (codice identificativo: B8D181612273), si trova a circa 500 metri a Nord Ovest, già però nella piana antistante il terrazzo.

Comunque la litologia è data da prevalenza di depositi sabbiosi misti ad argilla e ghiaia, passanti in profondità (da 17 metri a 22 metri) ad argille. Di seguito si riporta la stratigrafia di dettaglio:

Strato	Da	A	Spessore	descrizione	sigla
1	0	1,5	1,5	Terreno vegetale	ZS
2	1,5	5	3,5	Ghiaia misto terra	G MT
3	5	8	3	Sabbione e ghiaietto duro	SZ GG
4	8	13	5	Sabbia mista argilla	S A
5	13	17	4	Sabbia mista ghiaia e argilla blu	S G A
6	17	22	5	Argilla blu	A

Stratigrafia B8D181612273

L'analisi sismica ha permesso poi la costruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, compatibile con il quadro stratigrafico locale. Dall'inversione delle curve di dispersione ricavate dallo stendimento sismico si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Strato	Profondità (m)		Spessore (m)	Vs (m/s)
	da	a		
1	0,0	2,7	2,7	195
2	2,7	4,5	1,8	241
3	4,5	9,4	4,9	315
4	9,4	15,8	6,4	395
6	15,8	30	14,2	735

Profilo di velocità delle onde S.

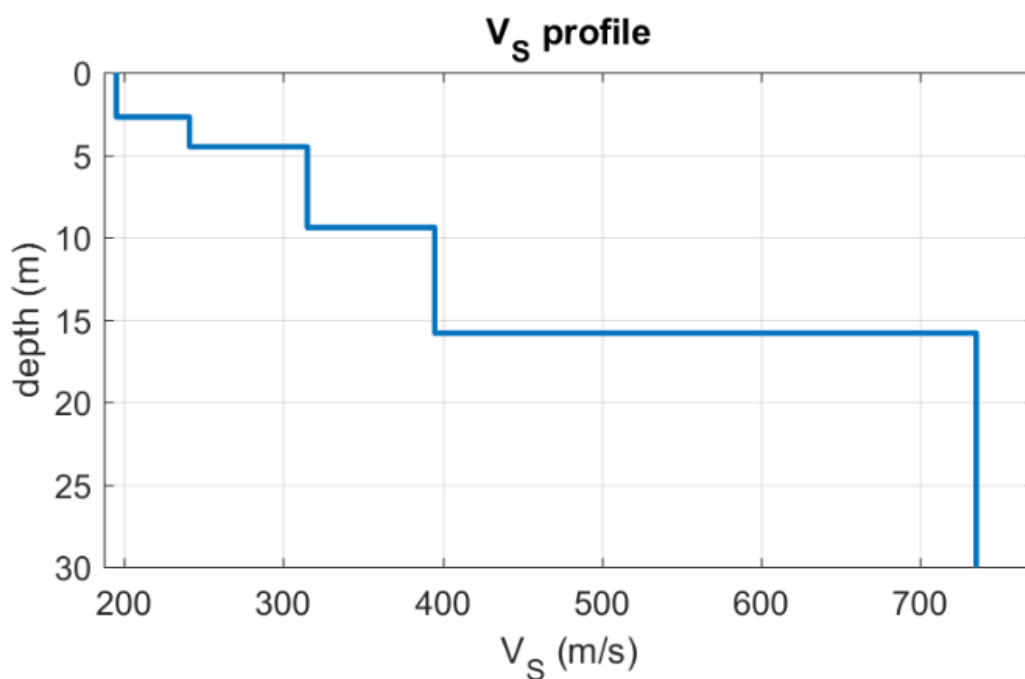
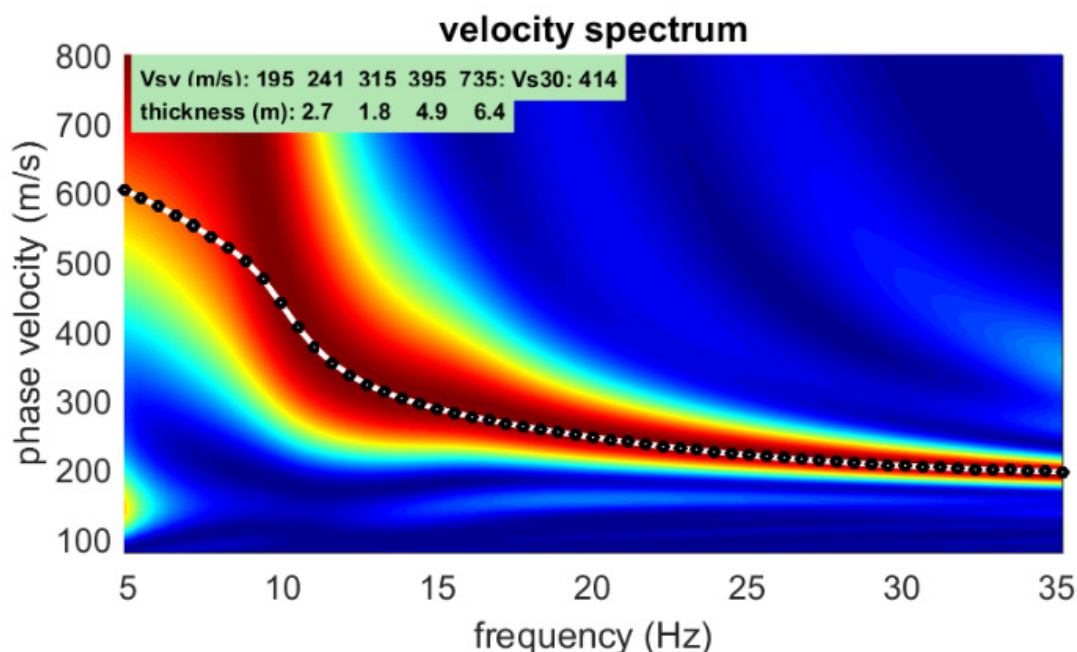


Grafico del profilo di velocità delle onde S.



Curva di inversione e dispersione

Non avendo raggiunto il bedrock sismico ($V_s \geq 800$ m/s) è stato elaborato un opportuno gradiente di V_s con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 31,0 m, delimitando uno strato di 1 m di spessore e una V_s pari a 807 m/s (calcolata come media pesata dei valori di V_s dello strato).

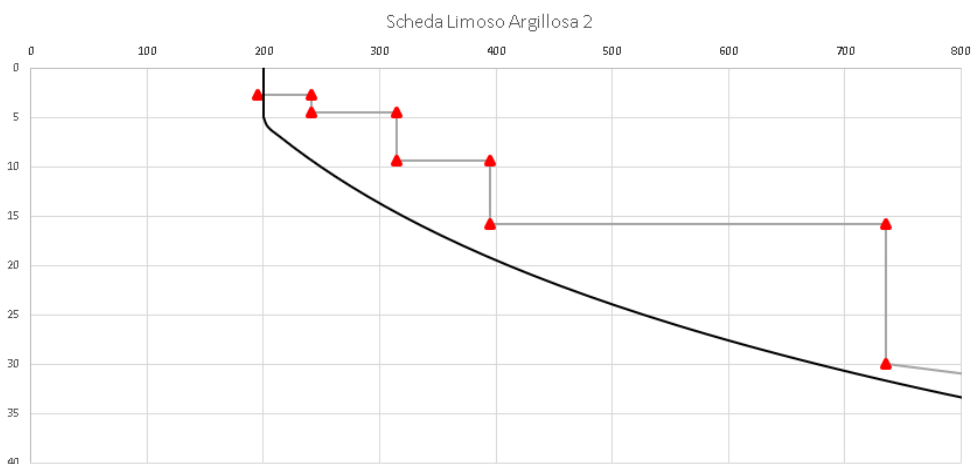
In base alla stratigrafia sismica è stato calcolato il valore di V_{s30} che risulta pari a 414 m/s, a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo **B** (tabella 3.2 II, D.M. 14/01/2008).

Scheda di valutazione di riferimento

Come già in precedenza richiamato, la Regione Lombardia propone una procedura semplificata per la valutazione dei Fattori di Amplificazione per lo scenario Z4. La normativa propone infatti una serie di schede di valutazione che correlano il Fattore di Amplificazione con il periodo proprio del sito T , calcolato sulla base dei dati geofisici ottenuti dalle analisi sismiche.

Riferendosi ai dati litologici prossimi all'area si ipotizza che la litologia prevalente presente nel sito sia costituita da argille e sabbie; questo fa ricadere la scelta sulla scheda di valutazione limoso-argillosa o limoso-sabbiosa.

A questo punto è stata verificata la validità delle schede di valutazione individuate con l'andamento dei valori di V_s con la profondità.



In base al profilo delle Vs la scelta è quella di riferirsi alla **scheda di valutazione Limoso Argillosa di Tipo 2**, più simile al profilo sismico individuato nonché rientrante nel campo di validità della scheda.

Curva T-Fa

In funzione della profondità e della curva delle velocità Vs dello strato superficiale, utilizzando la matrice della scheda di valutazione, è stata scelta la curva più appropriata per la valutazione del valore del Fattore di amplificazione (Fa). Come strato superficiale è stato considerato lo spessore di 4,5 metri di materiali presenti subito al di sotto del piano campagna, a cui corrisponde una velocità media pari a 213 m/s; con questi valori la scelta è ricaduta sulla curva 2 (verde) del grafico T-Fa.

Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
200				2	1	1														
250				2	2	2	2	1	1	1										
300				3	3	3	3	2	2	2	2	1								
350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3							
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Matrice per la scelta della curva più appropriata per il calcolo del Fattore di Amplificazione per la Scheda Limoso Argillosa Tipo 2.

Calcolo del Periodo proprio del sito (T)

Il calcolo di T considera tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s con la seguente formula:

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

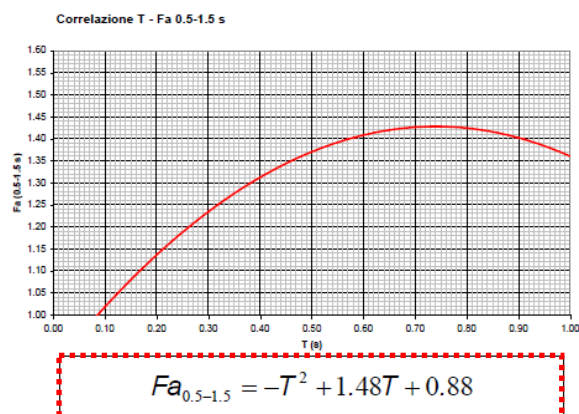
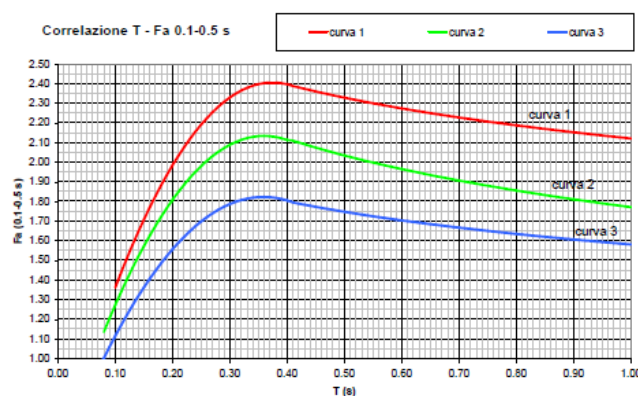
L'indagine sismica non ha raggiunto velocità comparabili con quelle del substrato sismico ($V_s > 800$ m/s), pertanto è stato elaborato un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 31,0 m, delimitando uno strato di 1 m di spessore e una Vs pari a 807 m/s (calcolata come media pesata dei valori di Vs dello strato).

Sulla base della stratigrafia sismica completa è stato calcolato un valore del *periodo proprio del sito* pari a 0,24 s.

Fattore di Amplificazione (Fa)

Il calcolo del Fattore di Amplificazione, per i due periodi tipici 0,1-0,5 s (strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide) e 0,5-1,5 s (strutture più alte e più flessibili), è stato effettuato dall'applicazione delle formule o dalla lettura del grafico, considerando la curva T-Fa scelta e il periodo proprio del sito calcolato.



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0,10 < T \leq 0,40$ $Fa_{0,1-0,5} = -13,9T^2 + 10,4T + 0,46$	$0,40 < T \leq 1,00$ $Fa_{0,1-0,5} = 2,12 - 0,30 \ln T$
2	$0,08 < T \leq 0,40$ $Fa_{0,1-0,5} = -12,8T^2 + 9,2T + 0,48$	$0,40 < T \leq 1,00$ $Fa_{0,1-0,5} = 1,77 - 0,38 \ln T$
3	$0,05 < T \leq 0,40$ $Fa_{0,1-0,5} = -10,6T^2 + 7,6T + 0,46$	$0,40 < T \leq 1,00$ $Fa_{0,1-0,5} = 1,58 - 0,24 \ln T$

In relazione alla Scheda di valutazione Limoso Argillosa Tipo 2 i valori di Fa calcolati per i relativi periodi sono:

Fa (0,1-0,5 s) 1,9

Fa (0,5-1,5 s) 1,2

Il valore di Fa ottenuto tiene in considerazione una variabilità di +0,1, così come indicato nell'Allegato 5 alla d.g.r. IX/2616 del 30 novembre 2011.

11.5.9. ARENA PO 6

Il sito di indagine sismica è ubicato nella parte Sud orientale del territorio comunale, presso la località C.na Cremagna in comune di Bosnasco. L'area si presenta pianeggiante, in un contesto residenziale rado e nucleiforme, insediamenti agricoli, circondati da zone a seminativi semplici (fonte: DUSAF 7 – uso del suolo 2023).

È stata qui realizzata una stesa sismica lineare a 24 geofoni equidistanziati tra loro di 2 metri, per una lunghezza totale di 46 metri. Le energizzazioni sono state eseguite ad una estremità dello stendimento, a distanza di 10 metri dal primo geofono.



Arena Po 5: traccia stesa sismica M.A.S.W. (in rosso)

Dal punto di vista geologico, riferendosi allo studio geologico di supporto al PGT vigente, l'area è caratterizzata da depositi alluvionali costituiti da sabbie, limi e argille, costituenti il "terrazzo raccordabile altimetricamente con quello riportato al colle di San Colombano".

Nelle immediate vicinanze dell'area di indagine non sono presenti, nella Banca Dati Geologica di Sottosuolo di Regione Lombardia, dati stratigrafici di sottosuolo; in considerazione però di quanto già visto in precedenza è presumibile pensare che anche qui le litologie di sottosuolo siano costituite da sabbie e argille.

L'analisi sismica ha permesso poi la costruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, compatibile con il quadro stratigrafico locale. Dall'inversione delle curve di dispersione ricavate dallo stendimento sismico si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Strato	Profondità (m)		Spessore (m)	Vs (m/s)
	da	a		
1	0,0	2,2	2,2	153
2	2,2	5,1	2,9	202
3	5,1	8,5	3,4	233
4	8,5	13,1	4,6	198
5	13,1	30	16,9	640

Profilo di velocità delle onde S.

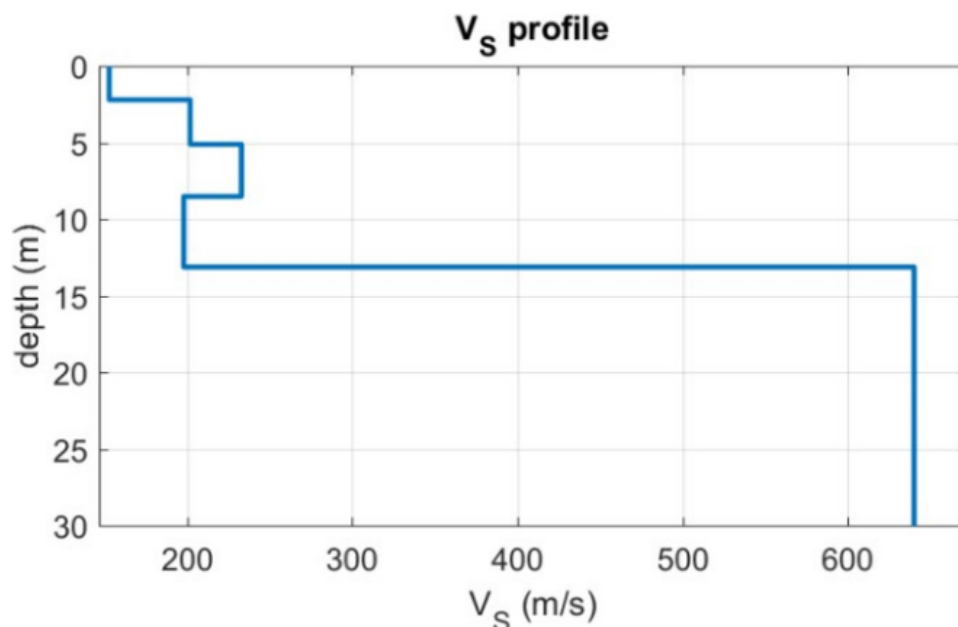
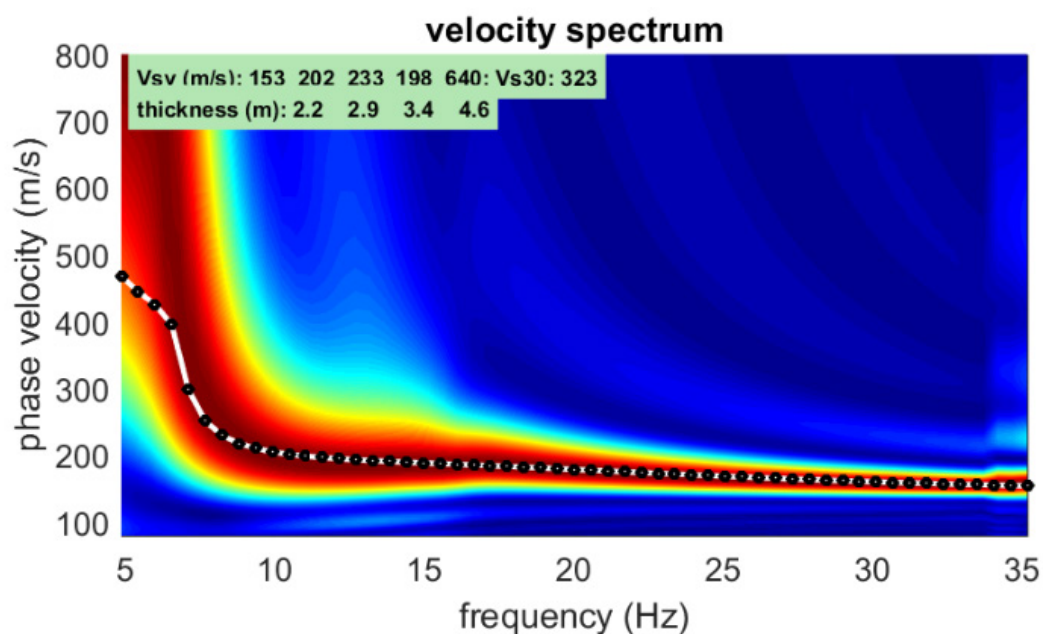


Grafico del profilo di velocità delle onde S.



Curva di inversione e dispersione

Non avendo raggiunto il bedrock sismico ($V_s \geq 800$ m/s) è stato elaborato un opportuno gradiente di V_s con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 38,0 m, delimitando uno strato di 8 m di spessore e una V_s pari a 741 m/s (calcolata come media pesata dei valori di V_s dello strato).

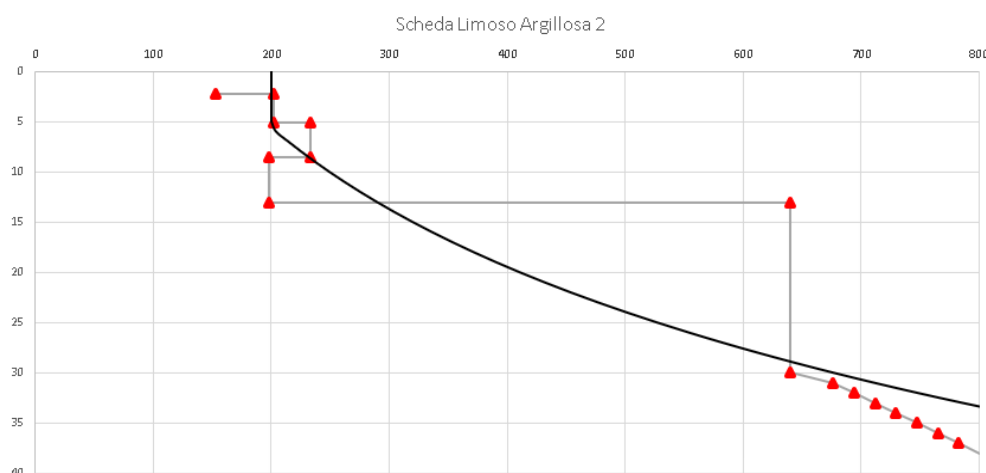
In base alla stratigrafia sismica è stato calcolato il valore di V_{s30} che risulta pari a 323 m/s, a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo **C** (tabella 3.2 II, D.M. 14/01/2008).

Scheda di valutazione di riferimento

Come già in precedenza richiamato, la Regione Lombardia propone una procedura semplificata per la valutazione dei Fattori di Amplificazione per lo scenario Z4. La normativa propone infatti una serie di schede di valutazione che correlano il Fattore di Amplificazione con il periodo proprio del sito T , calcolato sulla base dei dati geofisici ottenuti dalle analisi sismiche.

Riferendosi ai dati litologici si ipotizza che la litologia prevalente presente nel sito sia costituita da argille e sabbie; questo fa ricadere la scelta sulla scheda di valutazione limoso-argillosa o limoso-sabbiosa.

A questo punto è stata verificata la validità delle schede di valutazione individuate con l'andamento dei valori di V_s con la profondità.



In base al profilo delle V_s la scelta è quella di riferirsi alla **scheda di valutazione Limoso Argillosa di Tipo 2**, più simile al profilo sismico individuato.

Curva T-Fa

In funzione della profondità e della curva delle velocità V_s dello strato superficiale, utilizzando la matrice della scheda di valutazione, è stata scelta la curva più appropriata per la valutazione del valore del Fattore di amplificazione (F_a). Come strato superficiale è stato considerato lo spessore di 8,5 metri di materiali presenti subito al di sotto del piano campagna, a cui corrisponde una velocità media pari a 202 m/s; con questi valori la scelta è ricaduta sulla curva 1 (rossa) del grafico T-Fa.

		Profondità primo strato (m)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
200					2	1	1														
250					2	2	2	2	1	1	1										
300					3	3	3	3	2	2	2	2	1								
350					3	3	3	3	3	3	3	3	3	3							
400					3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
450					3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
500					3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
600					3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
700					3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Matrice per la scelta della curva più appropriata per il calcolo del Fattore di Amplificazione per la Scheda Limoso Argillosa Tipo 2.

Calcolo del Periodo proprio del sito (T)

Il calcolo di T considera tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s con la seguente formula:

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

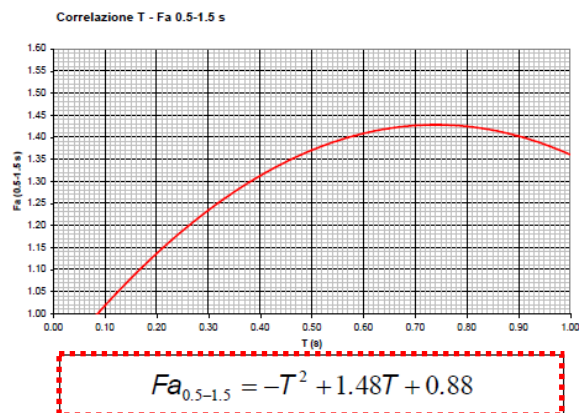
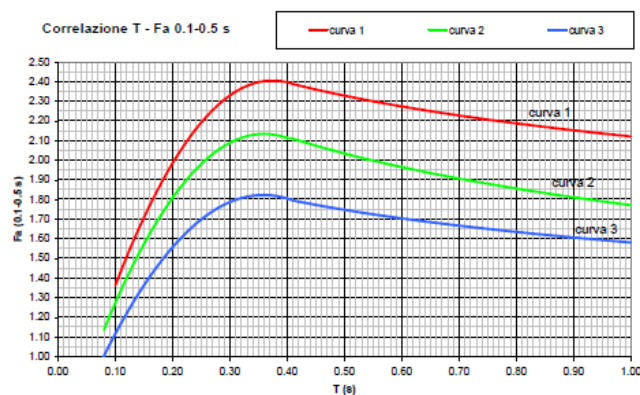
L'indagine sismica non ha raggiunto velocità comparabili con quelle del substrato sismico ($V_s > 800$ m/s), pertanto è stato elaborato un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 38,0 m, delimitando uno strato di 8 m di spessore e una Vs pari a 741 m/s (calcolata come media pesata dei valori di Vs dello strato).

Sulla base della stratigrafia sismica completa è stato calcolato un valore del *periodo proprio del sito* pari a 0,30 s.

Fattore di Amplificazione (Fa)

Il calcolo del Fattore di Amplificazione, per i due periodi tipici 0,1-0,5 s (strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide) e 0,5-1,5 s (strutture più alte e più flessibili), è stato effettuato dall'applicazione delle formule o dalla lettura del grafico, considerando la curva T-Fa scelta e il periodo proprio del sito calcolato.



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

In relazione alla Scheda di valutazione Limosa Argillosa Tipo 2 i valori di Fa calcolati per i relativi periodi sono:

Fa (0,1-0,5 s) 2,3

Fa (0,5-1,5 s) 1,2

Il valore di Fa ottenuto tiene in considerazione una variabilità di +0,1, così come indicato nell'Allegato 5 alla d.g.r. IX/2616 del 30 novembre 2011.

11.5.10. ARENA PO 7

Il sito di indagine sismica è ubicato nella parte nella parte centro orientale del territorio comunale, presso la località di Ripaldina, a lato del cimitero. L'area si presenta pianeggiante, in un contesto residenziale rado e nucleiforme, (fonte: DUSAF 7 – uso del suolo 2023).

È stata qui realizzata una stesa sismica lineare a 24 geofoni equidistanziati tra loro di 2 metri, per una lunghezza totale di 46 metri. Le energizzazioni sono state eseguite ad una estremità dello stendimento, a distanza di 10 metri dal primo geofono.



Arena Po 5: traccia stesa sismica M.A.S.W. (in rosso)

Dal punto di vista geologico, riferendosi allo studio geologico di supporto al PGT vigente, l'area è caratterizzata da depositi alluvionali costituiti da sabbie, limi e argille, formanti la “superficie principale della pianura”.

Nelle immediate vicinanze dell'area di indagine non sono presenti, nella Banca Dati Geologica di Sottosuolo di Regione Lombardia, dati stratigrafici di sottosuolo; in considerazione però di quanto già visto in precedenza è presumibile pensare che anche qui le litologie di sottosuolo siano costituite da sabbie e argille.

L'analisi sismica ha permesso poi la costruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, compatibile con il quadro stratigrafico locale. Dall'inversione delle curve di dispersione ricavate dallo stendimento sismico si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Strato	Profondità (m)		Spessore (m)	Vs (m/s)
	da	a		
1	0,0	2,1	2,1	175
2	2,1	4,4	2,3	220
3	4,4	8	3,6	296
4	8	12,7	4,7	305
5	12,7	30	17,3	550

Profilo di velocità delle onde S.

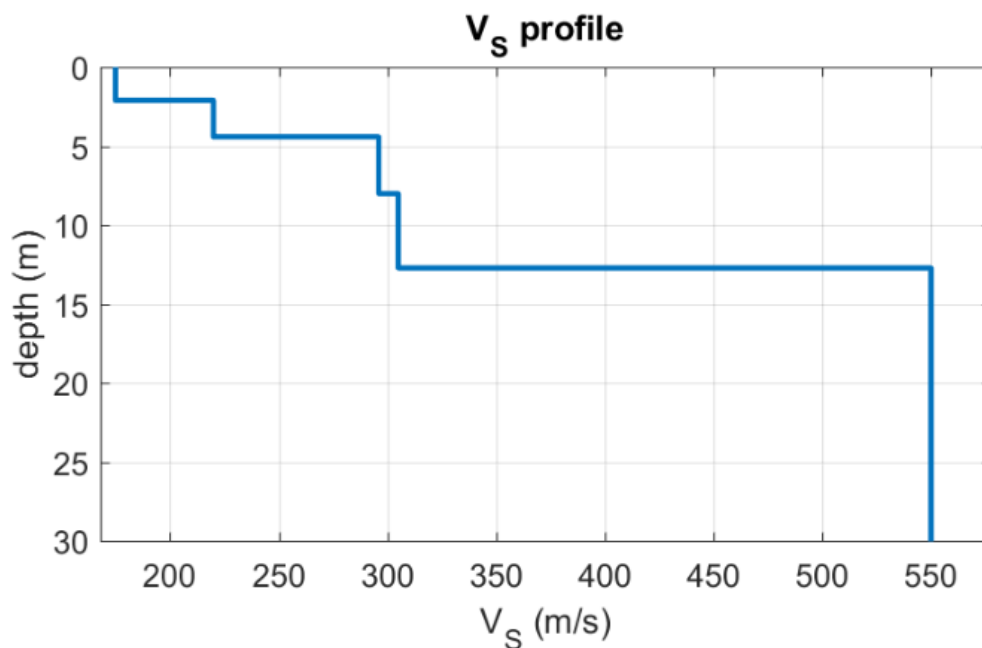
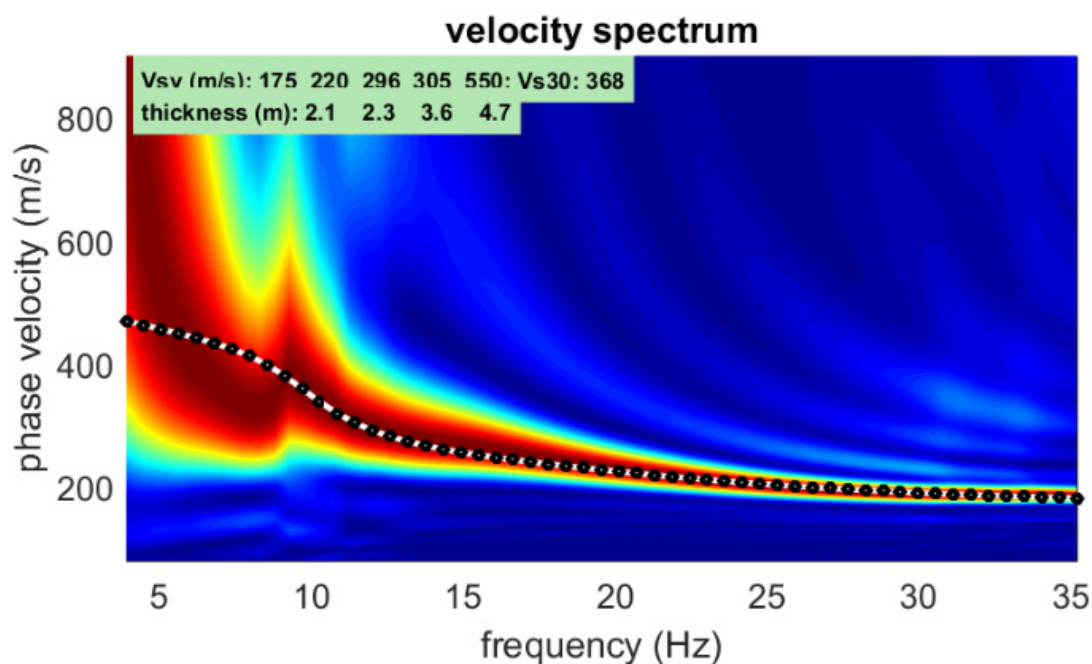


Grafico del profilo di velocità delle onde S.



Curva di inversione e dispersione

Non avendo raggiunto il bedrock sismico ($V_s \geq 800$ m/s) è stato elaborato un opportuno gradiente di V_s con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 46,0 m, delimitando uno strato di 16 m di spessore e una V_s pari a 675 m/s (calcolata come media pesata dei valori di V_s dello strato).

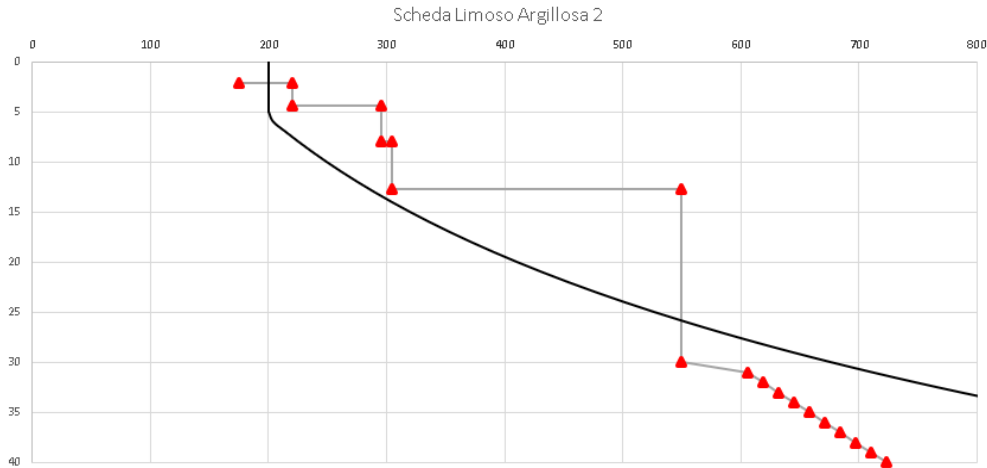
In base alla stratigrafia sismica è stato calcolato il valore di V_{s30} che risulta pari a 368 m/s, a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo **B** (tabella 3.2 II, D.M. 14/01/2008).

Scheda di valutazione di riferimento

Come già in precedenza richiamato, la Regione Lombardia propone una procedura semplificata per la valutazione dei Fattori di Amplificazione per lo scenario Z4. La normativa propone infatti una serie di schede di valutazione che correlano il Fattore di Amplificazione con il periodo proprio del sito T, calcolato sulla base dei dati geofisici ottenuti dalle analisi sismiche.

Riferendosi ai dati litologici si ipotizza che la litologia prevalente presente nel sito sia costituita da argille e sabbie; questo fa ricadere la scelta sulla scheda di valutazione limoso-argillosa o limoso-sabbiosa.

A questo punto è stata verificata la validità delle schede di valutazione individuate con l'andamento dei valori di Vs con la profondità.



In base al profilo delle Vs la scelta è quella di riferirsi alla **scheda di valutazione Limoso Argillosa di Tipo 2**, più simile al profilo sismico individuato.

Curva T-Fa

In funzione della profondità e della curva delle velocità Vs dello strato superficiale, utilizzando la matrice della scheda di valutazione, è stata scelta la curva più appropriata per la valutazione del valore del Fattore di amplificazione (Fa). Come strato superficiale è stato considerato lo spessore di 8,0 metri di materiali presenti subito al di sotto del piano campagna, a cui corrisponde una velocità media pari a 242 m/s; con questi valori la scelta è ricaduta sulla curva 1 (rossa) del grafico T-Fa.

Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
200				2	1	1														
250				2	2	2	2	1	1	1										
300				3	3	3	3	2	2	2	2	1								
350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3							
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Matrice per la scelta della curva più appropriata per il calcolo del Fattore di Amplificazione per la Scheda Limoso Argillosa Tipo 2.

Calcolo del Periodo proprio del sito (T)

Il calcolo di T considera tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s con la seguente formula:

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

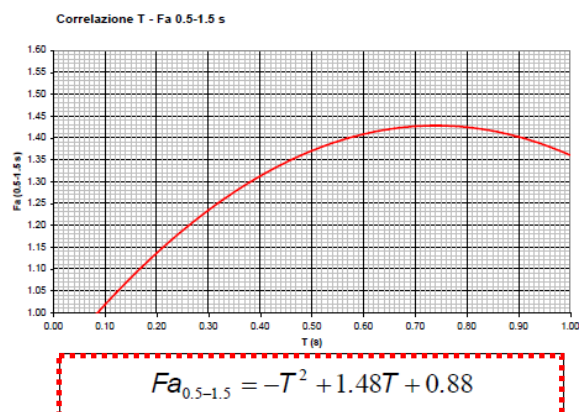
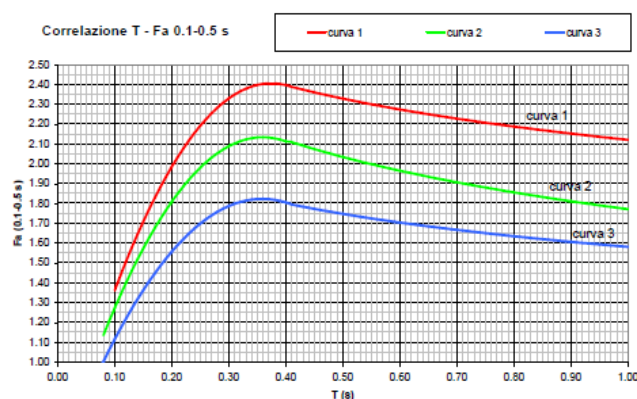
L'indagine sismica non ha raggiunto velocità comparabili con quelle del substrato sismico ($V_s > 800$ m/s), pertanto è stato elaborato un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 46,0 m, delimitando uno strato di 16 m di spessore e una Vs pari a 675 m/s (calcolata come media pesata dei valori di Vs dello strato).

Sulla base della stratigrafia sismica completa è stato calcolato un valore del *periodo proprio del sito* pari a 0,36 s.

Fattore di Amplificazione (Fa)

Il calcolo del Fattore di Amplificazione, per i due periodi tipici 0,1-0,5 s (strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide) e 0,5-1,5 s (strutture più alte e più flessibili), è stato effettuato dall'applicazione delle formule o dalla lettura del grafico, considerando la curva T-Fa scelta e il periodo proprio del sito calcolato.



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30 \ln T$
2	$0.08 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38 \ln T$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24 \ln T$

In relazione alla Scheda di valutazione Limoso Argillosa Tipo 2 i valori di Fa calcolati per i relativi periodi sono:

Fa (0,1-0,5 s) **2,4**

Fa (0,5-1,5 s) **1,3**

Il valore di Fa ottenuto tiene in considerazione una variabilità di +0,1, così come indicato nell'Allegato 5 alla d.g.r. IX/2616 del 30 novembre 2011.

11.5.11. VALUTAZIONE DEL GRADO DI PROTEZIONE

La valutazione del grado di protezione è stata effettuata confrontando i valori di F_a ottenuti con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune della regione e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s.

Il parametro calcolato per ciascun comune della regione rappresenta il valore soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa nazionale risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

I valori soglia calcolati da Regione Lombardia per il Comune di Arena Po sono riportati nella tabella seguente:

Intervallo	Categoria di suolo			
	B	C	D	E
0,1-0,5 s	1,4	1,8	2,2	2,0
0,5-1,5 s	1,7	2,4	4,2	3,1

Di seguito vengono confrontati i valori di Fa calcolati con i valori soglia definiti da Regione Lombardia per il Comune di Arena Po, evidenziando in rosso il valore che supera la soglia corrispondente.

Arena Po 1	Valori soglia	Fa calcolati
Categoria di Suolo	C ($V_{s30}=262\text{m/s}$)	
Periodo 0,1-0,5	1,8	2,2
Periodo 0,5-1,5	2,4	1,6

Arena Po 2	Valori soglia	Fa calcolati
Categoria di Suolo	B ($V_{s30}=461\text{m/s}$)	
Periodo 0,1-0,5	1,4	2,0
Periodo 0,5-1,5	1,7	1,2

Arena Po 3	Valori soglia	Fa calcolati
Categoria di Suolo	C ($V_{s30}=311\text{m/s}$)	
Periodo 0,1-0,5	1,8	2,1
Periodo 0,5-1,5	2,4	1,4

Arena Po 4	Valori soglia	Fa calcolati
Categoria di Suolo	C ($V_{s30}=283\text{m/s}$)	
Periodo 0,1-0,5	1,8	2,1
Periodo 0,5-1,5	2,4	1,3

Arena Po 5	Valori soglia	Fa calcolati
Categoria di Suolo	B ($V_{s30}=414\text{m/s}$)	
Periodo 0,1-0,5	1,4	1,9
Periodo 0,5-1,5	1,7	1,2

Arena Po 6	Valori soglia	Fa calcolati
Categoria di Suolo	C ($V_{s30}=323\text{m/s}$)	
Periodo 0,1-0,5	1,8	2,3
Periodo 0,5-1,5	2,4	1,2

Arena Po 7	Valori soglia	Fa calcolati
Categoria di Suolo	B ($V_{s30}=368\text{m/s}$)	
Periodo 0,1-0,5	1,4	2,4
Periodo 0,5-1,5	1,7	1,3

11.5.12. ANALISI DEI RISULTATI

L'analisi di II livello ha permesso di definire, per ciascuna area campione, il valore del Fattore di amplificazione Fa per gli intervalli di periodo 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s, riferiti rispettivamente a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide e a strutture più alte e più flessibili. Dal confronto con il corrispondente valore soglia regionale emerge quanto segue:

1. Per lo scenario Z4 di pericolosità sismica locale, interferente con l'urbanizzato e/o con le aree ad espansione urbanistica, per l'intervallo di periodo 0,1-0,5 s, il valore di Fa calcolato risulta sempre **superiore** al valore soglia regionale per la relativa categoria di sottosuolo. Pertanto la normativa nazionale **non è sufficiente** a tenere in considerazione i possibili effetti litologici di amplificazione locale.
2. Per lo scenario Z4 di pericolosità sismica locale, interferente con l'urbanizzato e/o con le aree ad espansione urbanistica, per l'intervallo di periodo 0,5-1,5 s, il valore di Fa calcolato risulta sempre **inferiore** al valore soglia regionale per la relativa categoria di sottosuolo. Pertanto la normativa nazionale è **sufficiente** a tenere in considerazione i possibili effetti litologici di amplificazione locale.

Avendo rilevato che, per strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, la normativa nazionale non risulta sufficiente a tenere in considerazione gli effetti litologici di amplificazione sismica locale, in fase di progettazione edilizia si dovrà effettuare un'analisi più approfondita (Allegato 5 D.G.R. n. IX/2016 par. 2.3 – 3° livello). I risultati dell'analisi di III livello dovranno essere utilizzati al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.

In alternativa è consentito utilizzare lo spettro di normativa caratteristico della categoria di suolo superiore, secondo il seguente schema:

- Aniché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- Aniché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- Aniché lo spettro della categoria di suolo D si utilizzerà quello della categoria di suolo E.

TERZA PARTE: FASE DI SINTESI E VALUTAZIONE

La fase di sintesi e valutazione è definita, da un lato, tramite l'individuazione delle limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico (vincoli) e dall'altro dalla zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica (sintesi).

12.0. QUADRO DEI VINCOLI NORMATIVI PRESENTI SUL TERRITORIO

Nella cartografia dei vincoli (cfr. Tavola CG07) si individuano, per tutto il territorio comunale, quelle aree soggette a limitazioni d'uso derivanti da normative e piani sovraordinati di contenuto prettamente geologico.

In base ai criteri attuativi della Componente geologica, idrogeologica e sismica di supporto al Piano di Governo del Territorio contenuti nella d.g.r. 30 novembre 2011 n. IX/2616, i principali elementi di vincolo sovraordinati alla pianificazione urbanistica locale da riportare sulla cartografia di riferimento sono:

- vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della l. 183/89;
- vincoli di polizia idraulica;
- aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile;
- vincoli derivati dal PTR;
- geositi.

Di seguito vengono quindi elencati e descritti i vincoli di natura geologica insistenti sul territorio comunale, facendo presente che in Arena Po non sono presenti aree di salvaguardia delle captazioni ad uso potabile, ne vincoli derivanti dal PTR (cfr. *PTR-Strumenti Operativi: So1 Obiettivi prioritari di interesse regionale e sovraregionale; luglio 2023*), ne geositi (cfr. elenco di cui all'Allegato 14 della d.g.r. IX/2616/2011).

12.1. VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO - PAI

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (P.A.I.), entrato in vigore l'8 agosto 2001, attraverso le sue disposizioni *“persegue l'obiettivo di garantire al territorio del bacino del fiume Po un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, attraverso il ripristino degli equilibri idrogeologici e ambientali, il recupero degli ambiti fluviali e del sistema delle acque, la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni, il recupero delle aree fluviali, con particolare attenzione a quelle degradate, anche attraverso usi ricreativi”*.

Esso *“ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto idraulico e idrogeologico del bacino idrografico”*.

In base a questa considerazione ed alle modalità indicate nella Parte 2 dei Criteri di cui alla d.g.r. 30 novembre 2011 – n. IX/2616 (Raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata) sono stati riportati i vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino; in particolare sul territorio di Arena Po sono presenti:

- 1) Fasce Fluviali del fiume Po di cui all'Elaborato 8 del PAI, come rappresentate nel Foglio 161 sez. III scala 1:25.000 e modificate a seguito di presa d'atto del collaudo tecnico delle opere realizzate in sponda destra dell'asta del fiume Po nei comuni di Arena Po, San Cipriano Po e Portalbera in corrispondenza del “limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C” (Decreto del Generale dell'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po n. 23/2025 del 16 aprile 2025).

12.2. VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO - PGRA

Nella cartografia dei vincoli sono state riportate le aree allagabili di cui alle mappe di pericolosità idraulica del PGRA - revisione 2022 e modificate in conseguenza della presa d'atto del collaudo ed alla contestuale Variante automatica del PAI-Po, ovvero le seguenti:

- Reticolo Principale di pianura e di fondovalle (RP) (fiume Po);
 - ✓ Aree P3 (scenario H in cartografia) o aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti;

-
- ✓ Aree P2 (scenario M in cartografia) o aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti;
 - ✓ Aree P1 (scenario L in cartografia) o aree potenzialmente interessate da alluvioni rare - TR=500 anni.

Sulla base di quanto definito nella D.G.R. n. X/6738 “*Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA)*” del 19/06/2017, tali aree allagabili non sostituiscono le fasce fluviali ma ne rappresentano un aggiornamento conseguente a studi successivi di maggior dettaglio.

12.3. VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA

Al momento della stesura del presente documento, il Comune di Arena Po non è dotato di un Documento di Polizia Idraulica, in adeguamento alle disposizioni regionali vigenti, di individuazione del reticolo idrico minore e principale e relative fasce di rispetto.

Il comune di Arena Po è attraversato dal fiume Po e dal torrente Bardonezza che appartengono al reticolo idrico principale di cui all’elenco in Allegato A della d.g.r. n. XII/3668 del 16 dicembre 2023, su quale compete a Regione e/o ad AIPo l’esercizio delle attività di Polizia Idraulica.

Oltre al reticolo principale il territorio di Arena Po è attraversato, come descritto nel cap. 7.0, da un sistema di corsi d’acqua.

Pertanto, allo stato attuale e fino all’approvazione del Documento di Polizia Idraulica da parte dell’UTR competente, il regime normativo esistente in materia di polizia idraulica è quello dettato dal Regio Decreto n. 523/1904.

Il Regio Decreto impone una fascia di rispetto la cui distanza minima è pari a 10 metri a decorrere dalla sommità della sponda incisa o dal piede esterno dell’argine (quando presente); nei tratti tombinati la fascia di rispetto si estende ad una distanza di 10 metri su entrambi i lati del diametro esterno delle pareti del manufatto.

Si ricorda che, una volta eseguito lo specifico studio e ricevuta l’approvazione della struttura regionale (UTR) preposta, il recepimento dello stesso deve essere oggetto di apposita variante urbanistica.

13.0. SINTESI DEGLI ELEMENTI CONOSCITIVI

La carta di sintesi (cfr. Tavola CG8 – Carta di sintesi) è stata redatta attraverso l'elaborazione di tutti gli elementi individuati nelle precedenti fasi di analisi. L'obiettivo è quello di fornire un quadro riassuntivo dello stato del territorio al fine di procedere a valutazioni diagnostiche ed in particolare, citando i ***“Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12”*** D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616, *“la carta di sintesi deve rappresentare le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera”* e come tale *“deve essere costituita da una serie di poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee”*.

Gli elementi geo-ambientali riportati nella cartografia di dettaglio sono stati raggruppati secondo tematiche simili tenendo conto dei fattori prevalenti, sia in senso qualitativo sia quantitativo, al fine di fornire un quadro sintetico dello stato del territorio.

Per l'individuazione delle aree omogenee si è inizialmente tenuto conto degli ambiti di pericolosità e vulnerabilità elencati al par. 2.2 della su indicata delibera, adattandoli poi agli specifici ambiti di pericolosità/vulnerabilità riscontrati sul territorio comunale.

Il comune di Arena Po si caratterizza per ambiti di pericolosità e vulnerabilità legati alla dinamica idraulica del fiume Po, agli aspetti idrogeologici e ai caratteri geotecnici dei terreni. I diversi ambiti riscontrati risultano sovrapposti, determinando quindi la concomitanza di più fattori limitanti per una stessa porzione di territorio.

13.1. AMBITI DI PERICOLOSITÀ E VULNERABILITÀ RINVENUTI SUL TERRITORIO

In base agli elementi rinvenuti, descritti e cartografati nella fase di analisi, per il territorio di Arena Po sono stati individuati i seguenti ambiti omogenei di pericolosità e vulnerabilità.

13.1.1. A-AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITÀ DEI VERSANTI

Appartengono a questa categoria di sintesi i settori di territorio comunale che per natura dei terreni presenti e della pendenza sono potenzialmente esposti ad instabilità, soprattutto in concomitanza di intensi eventi meteorologici sempre più frequenti negli ultimi anni.

In questa categoria di sintesi è stato inserito anche, in accordo con quanto indicato al par. 2.2 della d.g.r. IX/2616/2011, l'ambito estrattivo ATEa97 di cui alla variante del Piano provinciale cave.

Le classi sono così denominate:

- A.1-Aree a pericolosità potenziale legata alla presenza di terreni fini (limi e argille) su pendii inclinati (compresa area di influenza);
- A.2-Area estrattiva attiva (ATEa97).

13.1.2. B-AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

Appartengono a questa categoria di sintesi le aree della piana alluvionale del Po caratterizzate da una bassa soggiacenza della falda e moderata vulnerabilità.

Le classi sono così denominate:

- B.1-Aree a bassa soggiacenza della falda, indicativamente compresa tra 0 e 7,5 m da p.c.

13.1.3. C-AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

Appartengono a questa categoria di sintesi le aree della regione fluviale del Po interessate o interessabili da eventi alluvionali ovvero allagabili per piena frequente, poco frequente o rara (catastrofica), già comprese nella perimetrazione delle Fasce Fluviali di cui all'Elaborato 8 del PAI.

Le classi sono così denominate:

- C.1-Aree ricadenti in Fascia A-PAI e allagabili per piena frequente;
- C.2-Aree ricadenti in Fascia B-PAI e allagabili per piena poco frequente;
- C.2.1-Aree ricadenti in Fascia B-PAI e allagabili per piena poco frequente a pericolosità idraulica H4;

-
- C.2.2-Aree ricadenti in Fascia B-PAI e allagabili per piena poco frequente a pericolosità idraulica H3;
 - C.2.3-Aree ricadenti in Fascia B-PAI e allagabili per piena poco frequente a pericolosità idraulica H2;
 - C.3.1-Aree allagabili per piena poco frequente poste a tergo della Fascia B di progetto-PAI a pericolosità idraulica H4;
 - C.3.2-Aree allagabili per piena poco frequente poste a tergo della Fascia B di progetto-PAI a pericolosità idraulica H3;
 - C.3.3-Aree allagabili per piena poco frequente poste a tergo della Fascia B di progetto-PAI a pericolosità idraulica H2;
 - C.4-Aree ricadenti in Fascia C-PAI e allagabili per piena rara.

13.1.4. D-AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Buona parte del territorio comunale, in ragione della natura prevalentemente fine dei depositi presenti soprattutto negli strati superficiali e sulla scorta dei risultati di specifiche indagini svolte per singoli interventi, presentano scadenti caratteristiche geotecniche.

Le classi sono così denominate:

- D.1-Aree prevalentemente limo argillose con limitata capacità portante (indicativamente da 0 a 5 m da p.c.).

13.1.5. E-AREE PRIVE DI EVIDENZE GEOLOGICHE-GEOMORFOLOGICHE

Sono attribuite a questa categoria di sintesi le aree collinari del territorio comunale, ossia di pianalto, caratterizzate da morfologia dolce e con buone caratteristiche geotecniche, in cui non si rilevano particolari situazioni di pericolosità e vulnerabilità geologica s.l.

Le classi sono così denominate:

- E.1-Aree pianeggianti o a debole pendenza con buone caratteristiche geotecniche.
-

QUARTA PARTE: FASE DI PROPOSTA

14.0. FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

La Carta di Fattibilità geologica delle azioni di piano (cfr. Tavola CG09) è l'elaborato che viene desunto dalla Carta di Sintesi e dalle considerazioni tecniche svolte nella fase di analisi, essendo di fatto una carta che fornisce indicazioni circa le limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, le prescrizioni per gli interventi urbanistici, gli studi e le indagini necessarie per gli approfondimenti richiesti e gli interventi di ripristino e di mitigazione del rischio reale o potenziale.

Tutte le analisi condotte permettono la definizione di questo elaborato, che mediante la valutazione incrociata degli elementi cartografati, individua e formula una proposta di suddivisione dell'ambito territoriale d'interesse in differenti aree, che rappresentano una serie di "classi di fattibilità geologica".

Nella D.G.R. IX/2616 del novembre 2011 viene proposta una classificazione costituita da quattro differenti classi, in ordine alle possibili destinazioni d'uso del territorio; sono zone per le quali sono indicate sia informazioni e cautele generali da adottare per gli interventi, sia gli studi e le indagini di approfondimento eventuali.

In base alle valutazioni effettuate, considerando gli elementi geologici, geomorfologici, idrogeologici ed idraulici riconosciuti, nel territorio di Arena Po sono state individuate le seguenti classi di idoneità all'utilizzazione urbanistica:

Classe 2 (giallo)	Fattibilità con modeste limitazioni
Classe 3 (arancione)	Fattibilità con consistenti limitazioni
Classe 4 (rosso)	Fattibilità con gravi limitazioni

Per quanto riguarda le fasce di rispetto di polizia idraulica, così come riportate nella carta dei vincoli geologici, non si ritiene necessario istituire una classe di fattibilità 4 di "rispetto fluviale" lungo i corsi d'acqua, in quanto su tali aree sussiste già uno specifico vincolo e norma di Polizia Idraulica. Tale assunto è espressamente indicato in calce al par. 3.2 della d.g.r. n. IX/2616/2011: "non è richiesta l'individuazione nella carta di fattibilità dei perimetri [...], delle fasce di rispetto del reticolo idrico principale e minore, [...] in quanto soggette a specifica normativa".

In analogia con quanto detto nelle righe precedenti non si è ritenuto necessario istituire una specifica classe di fattibilità geologica per le aree allagabili connesse ad insufficienza della rete fognaria come individuate nello studio comunale di gestione del rischio idraulico. Infatti l'attribuzione della classe di fattibilità deve derivare **esclusivamente** dalle caratteristiche geologiche.

Si sottolinea che in presenza contemporanea di più scenari di pericolosità/vulnerabilità è stato attribuito il valore maggiormente cautelativo di classe di fattibilità. Sono comunque da rispettare le prescrizioni relative ad ogni singolo ambito di pericolosità/vulnerabilità come rappresentato nella carta di sintesi.

Si sottolinea inoltre che la suddivisione territoriale in classi di fattibilità, trattandosi di una pianificazione generale, non sopperisce alla necessità di attuare le prescrizioni operative previste da leggi e decreti vigenti, così come l'individuazione di una zona di possibile edificazione deve rispettare la necessità di redigere un progetto rispettoso delle norme di attuazione.

Alle classi di fattibilità individuate si sovrappongono gli ambiti soggetti ad amplificazione sismica locale, che però non concorrono a definire la classe di fattibilità, ma ai quali è associata una specifica normativa che si concretizza nelle fasi attuative delle previsioni del P.G.T.

14.1. CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 4 – FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI

In questa classe sono individuati i territori ove l'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso.

Le aree a gravi limitazioni sono contraddistinte dalle seguenti tipologie di pericolosità/vulnerabilità e dalle relative classi di sintesi così come precedentemente descritte.

14.1.1. AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

- 4.1-Aree ricadenti in Fascia A-PAI e allagabili per piena frequente;

-
- 4.2-Aree ricadenti in Fascia B-PAI e allagabili per piena poco frequente a pericolosità idraulica H4;
 - 4.3-Aree allagabili per piena poco frequente poste a tergo della Fascia B di progetto-PAI a pericolosità idraulica H4;

14.2. CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 3 – FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

Questa classe comprende le zone nelle quali si sono riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per l'entità e la natura delle condizioni di pericolosità nelle aree. Queste condizioni possono essere per lo più rimosse con interventi idonei alla eliminazione o minimizzazione del rischio, realizzabili nell'ambito del singolo lotto edificatorio o di un suo intorno significativo. L'utilizzo delle zone, ai fini urbanistici è subordinato alla realizzazione di supplementi d'indagine per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno, per consentire di precisare le esatte volumetrie e ubicazioni, le idonee destinazioni d'uso, nonché le eventuali opere di difesa. Nel caso in esame sono state individuate una serie di aree in classe 3 che presentano problematiche geologiche variabili; si tratta in genere di ambiti che coincidono con aree caratterizzate da condizioni sfavorevoli, pericolose e/o vulnerabili definite nell'unità di sintesi:

14.2.1. AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITÀ SEI VERSANTI

- 3.1-Aree a pericolosità potenziale legata alla presenza di terreni fini (limi e argille) su pendii inclinati (compresa area di influenza);
- 3.2-Area estrattiva attiva (ATEa97).

14.2.2. AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO E GEOTECNICO

- 3.3-Aree prevalentemente limo argillose con limitata capacità portante (indicativamente da 0 a 5 m da p.c.) e con bassa soggiacenza della falda.

14.2.3. AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

- 3.4-Aree ricadenti in Fascia B-PAI e allagabili per piena poco frequente;
- 3.4.1-Aree ricadenti in Fascia B-PAI e allagabili per piena poco frequente a pericolosità idraulica H3;
- 3.4.2-Aree ricadenti in Fascia B-PAI e allagabili per piena poco frequente a pericolosità idraulica H2;
- 3.5.1-Aree allagabili per piena poco frequente poste a tergo della Fascia B di progetto-PAI a pericolosità idraulica H3;
- 3.5.2-Aree allagabili per piena poco frequente poste a tergo della Fascia B di progetto-PAI a pericolosità idraulica H2;
- 3.6-Aree ricadenti in Fascia C-PAI e allagabili per piena rara.

14.2.4. AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

- 3.7-Aree prevalentemente limo argillose con limitata capacità portante (indicativamente da 0 a 5 m da p.c.).

14.3. CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 2 – FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

Ricadono in classe di fattibilità geologica 2 le aree collinari del territorio comunale, ossia di pianalto, caratterizzate da morfologia dolce e con buone caratteristiche geotecniche, in cui non si rilevano particolari situazioni di pericolosità e vulnerabilità geologica s.l.

15.0. VALUTAZIONI FINALI

La Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT è redatta in conformità alle metodologie contenute nei criteri attuativi dell'art. 57 della L.R. n. 12 del 2005. I criteri attuativi sono definiti e aggiornati con:

- d.g.r. n. 40996 del 1999 - Legende di riferimento per la cartografia della componente geologica dei PGT;
- d.g.r. n. 2616 del 2011 - Criteri per la redazione della componente geologica;
- D.G.R. n. 6738 del 2017 - Attuazione del PGRA nel settore urbanistico e della pianificazione dell'emergenza;
- d.g.r. n. 470 del 2018 - Semplificazione delle procedure per le varianti di adeguamento al PAI e PGRA;
- d.g.r. n. 6314 del 2022 - Modifica delle procedure per l'approvazione degli aggiornamenti ai piani di bacino proposte dai Comuni;
- d.g.r. n. 7564 del 2022 - Integrazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT relativa al tema degli sprofondamenti (sinkhole);
- d.g.r. n. 3007 del 2024 - Studi e dati geografici di riferimento per la componente geologica dei PGT e della pianificazione di protezione civile

Il PGT definisce attraverso il Documento di Piano l'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio, individua per mezzo del Piano delle Regole le aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica presenti sul territorio comunale e determina le norme e le prescrizioni a cui le medesime sono assoggettate. Il presente documento costituisce pertanto lo studio geologico aggiornato da inserire nel Documento di Piano del PGT di Arena Po ai sensi della L.R. 12/2005 art. 8, comma 1, lettera c) della L.R. 12/2005 e nel Piano delle Regole (art. 10, comma 1, lettera d).

Gli elaborati cartografici e la Relazione Geologica Illustrativa sono stati realizzati secondo quanto previsto dalla d.g.r. n. IX/2616 del 30/11/2011 e s.m.i. indicante i criteri e gli indirizzi per la definizione dei Piani di Governo del Territorio. Sulla base di criteri geologico-morfologici e idrogeologici-idraulici, l'intero territorio comunale è stato analizzato e classificato con adeguato dettaglio.

Il presente documento, tra le altre cose:

- ✓ analizza e verifica la compatibilità con il PTCP e il PTR;
- ✓ prende atto della D.G.R. n. 10/2129/2014 relativa all'aggiornamento delle zone sismiche e della D.G.R. n. 10/2489/2014 per l'entrata in vigore delle norme d'applicazione relative;
- ✓ come definito dagli "Ambiti di Applicazione" della D.G.R. n. IX/2616, il documento aggiorna lo studio precedente.

Lo studio nel suo complesso ha consentito di fornire attenzioni e prescrizioni per tutte le aree del territorio comunale. Il risultato dell'analisi geologica, geomorfologica, idrologico-idraulica e idrogeologica del territorio è rappresentato dalla definizione delle classi di fattibilità delle azioni di piano, attraverso l'individuazione di areali con problematiche omogenee e caratterizzati dal medesimo grado di pericolosità. Questa zonizzazione ha portato alla redazione di un'apposita cartografia (*Tavola CG09 – Carta della fattibilità geologica*), che dovrà essere utilizzata come elemento di base per le scelte di natura urbanistica a scala comunale e sovracomunale.

Lo studio recepisce la delimitazione delle Fasce Fluviali del fiume Po di cui all'Elaborato 8 del PAI e le relative aree allagabili di cui al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), tenuto conto del Decreto SG AdB Po n. 23 del 16 aprile 2025 con il quale il Segretario Generale dell'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po ha:

- preso atto del collaudo tecnico delle opere idrauliche programmate in sponda destra dell'asta del fiume Po nei comuni di Arena Po, San Cipriano Po e Portalbera in corrispondenza del "limite di progetto tra la fascia B e la fascia C" riportato nell'Elaborato n. 8 del PAI-Po;
- approvato, di conseguenza, l'aggiornamento (con variante automatica) della delimitazione delle fasce fluviali;
- approvato, in conseguenza delle opere realizzate e in coerenza alla modifica delle fasce fluviali, anche la modifica della delimitazione delle aree allagabili PGRA.

Le informazioni o i dati deducibili dagli elaborati descrittivi o dalla cartografia allegata al presente documento hanno puramente una funzione di supporto alla pianificazione urbanistica e territoriale e non possono essere considerati come esaustivi di problematiche geologico-tecniche specifiche, pertanto non possono essere utilizzati per la soluzione di problemi progettuali a carattere puntuale e non devono in alcun modo essere considerati sostitutivi delle indagini di approfondimento o di quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»".

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

Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani attuativi (L.R. 12/2005, art. 14) o in sede di richiesta del Permesso di Costruire (L.R. 12/2005, art. 38).

Arluno (MI), gennaio 2026

SPG
Studio Prealpino di Geologia

Dott. Geol.
Alessandro Gambini

