

COMUNE DI CASALETTO VAPRIO

Provincia di Cremona

Variante generale del Piano di Governo del Territorio

Aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica

D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616, D.G.R. XI/6314 del 26.04.2022
in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11/03/2005 n. 12

Relazione geologico-tecnica

Giugno 2025



Dott. Alberto Soregaroli geologo
via Speciano 5, 26100 Cremona
Tel. 0372412634, 3382135952 - Email: a.soregaroli@libero.it

SOMMARIO

INTRODUZIONE	3
INQUADRAMENTO TERRITORIALE	5
LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI E PEDOLOGICI	6
CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI	7
INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	8
CARATTERI IDROGEOLOGICI LOCALI	15
PIEZOMETRIA	18
IDROGRAFIA SUPERFICIALE	20
RETICOLO IDRICO MINORE	21
PIANO DI GESTIONE DEI RISCHI DI ALLUVIONI (PGRA)	26
INVARIANZA IDRAULICA	30
AREE VULNERABILI DA UN PUNTO DI VISTA IDRAULICO	32
INQUADRAMENTO SISMICO	36
CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO	40
SINTESI	62
VINCOLI ESISTENTI	64
FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO	66
BIBLIOGRAFIA	68

ALLEGATO N. 1

- Pozzi pubblici 1-2-3

INTRODUZIONE

In occasione della Variante generale del Piano di Governo del Territorio (PGT) del comune di Casaletto Vaprio è stato predisposto l'aggiornamento dello studio della "Componente geologica, idrogeologica e sismica nell'ambito del Piano di Governo del Territorio" redatto dal dott. geol. Giovanni Bassi nel 2008 ai sensi della D.G.R. 22.12.05 N. 8/1566.

L'aggiornamento è effettuato ai sensi di:

- D.G.R. 30.11.2011 n. IX/2616 *"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.M. 17 gennaio 2018 *"Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni"*;
- D.G.R. 19/06/2017 n. XI/6738 *"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 f. Po così come integrate dalla Variante adottata in data 7.12.2016 con Deliberazione n. 5 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del f. Po"*;
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni» di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- D.G.R. del 09 settembre 2019, n° XI/2120 *"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;
- D.G.R. 10 maggio 2021 - n. XI/4685 *"Ulteriore 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 (d.g.r. 2616/2011 e d.g.r. 2120/2019);
- D.G.R. 26.04.2022 n. XI/6314 *"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"*;
- Deliberazione N° XI / 6702 Seduta del 18/07/2022 *"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"*;
- Deliberazione N° XII / 3007 Seduta del 09/09/2024 *"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)"*

Gli aspetti geomorfologici, pedologici, litologici, idrografici ed idrogeologici che caratterizzano il territorio di Casaletto Vaprio - già ampiamente trattati nella **fase di analisi** dello studio della "Componente geologica, idrogeologica e sismica nell'ambito del Piano di Governo del Territorio" redatto dal dott. geol. Giovanni Bassi nel 2008 - sono stati riproposti e ripresi.

È stata aggiornata l'analisi della pericolosità sismica locale ai sensi della D.G.R. 30.11.2011 – n. IX/2616, del D.M. 17 gennaio 2018 e della riclassificazione sismica del territorio comunale (in zona sismica 3 - D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129). Conseguentemente è stata adeguata la *Carta della Pericolosità sismica locale*.

Inoltre, sono state affrontate le tematiche relative al Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) e al principio dell'Invarianza Idraulica ed Idrologica facendo riferimento, da un punto di vista normativo, a:

- D.G.R. 19 giugno 2017 - n. X/6738 *"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";

- Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 "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)";
- Regolamento regionale 19 aprile 2019, n. 8 "Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7";
- Regolamento regionale 28 marzo 2025 - n. 3 "Disposizioni sull'applicazione dei principi dell'invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7.
- D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni".

La **fase di sintesi/valutazione** si è tradotta nelle nuove *Carta di Sintesi* e *Carta Dei Vincoli*.

La **fase di proposta** ha poi portato alla redazione della *Carta di Fattibilità geologica delle azioni di piano* ed alla stesura della presente *Relazione geologico-tecnica* e delle nuove *Norme Geologiche di Piano*.

La Variante generale al PGT di Casaletto Vaprio conferma (con riduzione d'area) solo un ambito di trasformazione già previsto da quello attualmente vigente e non ne prevede di altri.

È stata comunque effettuata la verifica della congruità tra le previsioni urbanistiche della Variante al PGT e i contenuti dello studio geologico del PGT con stesura della dichiarazione sostitutiva dell'atto di notorietà (Allegato 1 alla D.G.R. XI/6314/2022).

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il comune di Casaleto Vaprio si colloca nel settore settentrionale della provincia di Cremona e confina con i comuni di Quintano a nord-ovest, Capralba a nord-est, Campagnola Cremasca e Cremosano a sud, Trescore Cremasco a sud-ovest.

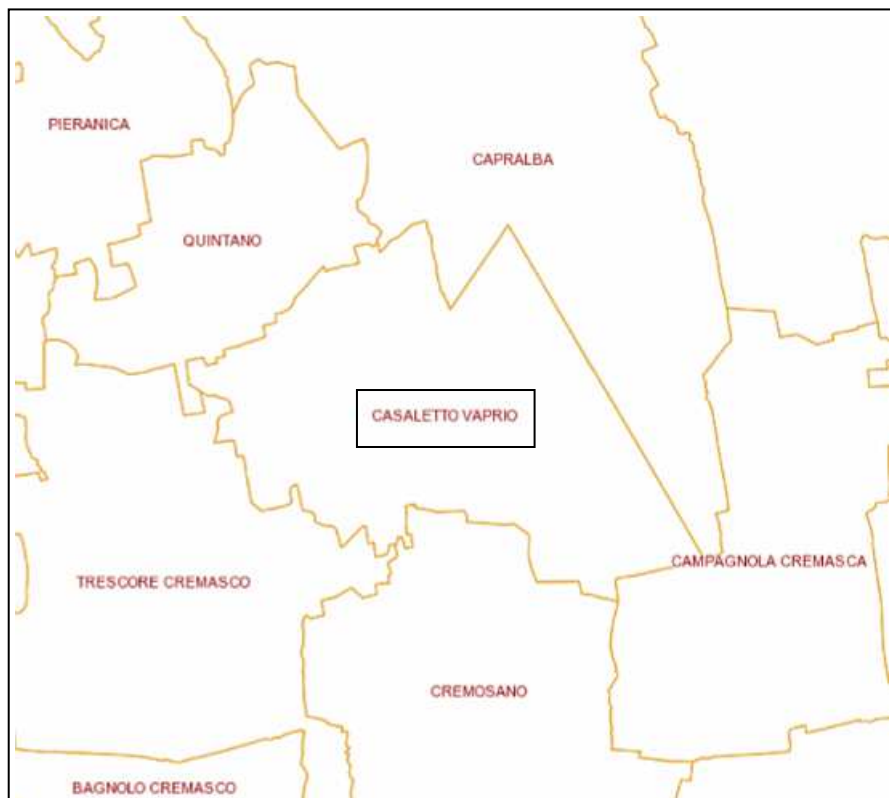


Fig. 1

Da un punto di vista altimetrico le quote massime si registrano a nord (91 m s.l.m.) e quelle minime a sud (82 m s.l.m.). Il territorio comunale occupa una superficie di 5,4 kmq sostanzialmente pianeggiante, piuttosto monotona dal punto di vista geomorfologico, con rare e deboli ondulazioni di limitata estensione. Non si segnalano scarpate e/o gradini morfologici degni di questo nome per effetto anche dei lavori nei campi che sicuramente hanno annullato i minimi dislivelli o le piccole asperità. Notevole importanza è rappresentata dalla ricchezza di forme di origine fluviale.

LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI E PEDOLOGICI

Il territorio di Casaleggio Vaprio rientra interamente nel livello fondamentale della pianura (l.f.d.p.), formatosi per colmamento alluvionale nel corso dell'ultima glaciazione ("Wurmiana") e costituito da depositi pleistocenici fluviali e fluvioglaciali in prevalenza ghiaioso-ciottolosi.

In particolare appartiene alla media pianura idromorfa, ossia la porzione centrale della pianura, caratterizzata dalla presenza di una falda subaffiorante e dall'emergenza di risorgive.

In base ai caratteri geomorfologici, litologici e pedologici sono state riconosciute tre distinte unità.

Unità 1 – Principali depressioni riconducibili alle linee di deflusso naturale delle acque del reticolo idrografico e alle testate dei fontanili, con drenaggio difficoltoso per presenza di falda prossima al piano di campagna.

I suoli sono poco profondi, limitati da falda o gley, a tessitura da franco-limoso-argillosa (franco-limoso oltre i 55 cm), a drenaggio lento (*Typic Endoaquepts*); la permeabilità è moderata ($k = 10^{-6} \div 10^{-5}$ m/s).

L'unità interessa circa il 48 % del territorio in esame, con uno sviluppo sostanzialmente meridiano seguendo le ramificazioni dei corsi d'acqua principali come Roggia Bissone, Bocchello, Castagnola, Roggia della Cura, Fontanile, Moso, Ora, Risali, Alchina, Oretta e Oriolo.

Unità 2 – Superfici subpianeggianti interposte tra le principali linee di flusso e le superfici modali stabili della media pianura idromorfa. Sono interessate da presenza di fontanili attivi e da fenomeni idromorfici di intensità moderata, presentano granulometria variabile e talora possono essere caratterizzate da substrati con granulometria fortemente ghiaiosa o ghiaioso-sabbiosa. I suoli sono profondi (130 cm), a tessitura franco-limoso (sabbiosa oltre i 145 cm), a drenaggio mediocre (*Fluventic Ustochrepts*); la permeabilità è medio-bassa ($k = 10^{-7} \div 10^{-6}$ m/s).

L'unità descritta interessa una superficie pari al 40% del territorio comunale, tra cui il settore settentrionale del nucleo urbano di Casaleggio Vaprio.

Unità 3 – Superfici stabili, subpianeggianti o debolmente ondulate, rilevate rispetto alle unità descritte in precedenza. Possono talora essere interessate da fenomeni idromorfici di lieve intensità, a carico degli orizzonti profondi o molto profondi. Il substrato è caratterizzato da depositi in prevalenza sabbiosi.

I suoli sono molto profondi (150 cm), a tessitura franco-argillosa (sabbiosa oltre i 150 cm), a drenaggio mediocre (*Aquic Haplustals*); la permeabilità è bassa ($k = 10^{-8} \div 10^{-7}$ m/s).

Questa unità è presente in una piccola parte del territorio comunale (12 %), in prossimità del confine amministrativo sud orientale (C.na Bondenta).

Al di sotto della coltre di alterazione superficiale, il substrato è costituito principalmente da depositi a granulometria sabbioso-ghiaiosa, con permeabilità elevata ($k = 1,0 \times 10^{-2}$ m/s), anche se localmente si possono rinvenire livelli intermedi più fini che concorrono a ridurre la permeabilità media ($k = 1,0 \times 10^{-4}$ m/s).

Nella *Carta geomorfologica con elementi di pedologia* (TAV. 1 in scala 1:10.000) sono rappresentate le tre unità geomorfologiche.

CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI

Dal momento che la Variante generale al PGT di Casaletto Vaprio conferma (con riduzione) solo un ambito di trasformazione già previsto da quello attualmente vigente e non ne prevede di altri, non sono state effettuate nuove e specifiche indagini geofisiche in situ.

Si è quindi ribadita la caratterizzazione del territorio basata sulle numerose indagini geognostiche pregresse - prove penetrometriche dinamiche SPT e statiche CPT, sondaggi con escavatore - già a supporto dello studio della "Componente geologica, idrogeologica e sismica" redatto dal dott. geol. Giovanni Bassi nel 2008 ai sensi della D.G.R. 22.12.05 N. 8/1566 nell'ambito del Piano di Governo del Territorio vigente.

Le caratteristiche geotecniche dei terreni sono fortemente influenzate dalla presenza di una falda freatica prossima al p.c. e dal basso grado di addensamento del litotipo dominante nei primi metri da p.c., costituito da limo-sabbioso o da sabbie più o meno ghiaiose spesso poco addensate.

Sono state individuate tre unità geotecniche qui brevemente descritte da un punto di vista qualitativo.

UNITÀ GEOTECNICA 1

Terreni superficiali (< 2 m) in genere poco addensati con caratteristiche geotecniche anche critiche su substrato ghiaioso-sabbioso. Drenaggio difficoltoso per soggiacenza della falda costantemente prossima al p.c. (< 1.00 m dal p.c.). Rientrano in questa categoria le superfici relativamente più depresse, comprendenti anche le testate dei fontanili, dell'unità geomorfologica 1 (settore da ovest verso est).

UNITÀ GEOTECNICA 2

Terreni superficiali (< 2 m) prevalentemente limoso-sabbiosi con caratteristiche geotecniche scadenti su substrato ghiaioso-sabbioso. Drenaggio da mediocre a lento e soggiacenza della falda da 1.00 m a 2.00 m dal p.c. Rientrano in questa categoria le superfici subpianeggianti comprese tra le principali linee di flusso e le aree relativamente più stabili, appartenenti all'unità geomorfologica 2 (settore da ovest verso est).

UNITÀ GEOTECNICA 3

Terreni superficiali (< 2 m) prevalentemente limosi con caratteristiche geotecniche da buone a mediocri su substrato ghiaioso-sabbioso. Drenaggio da mediocre a buono e soggiacenza della falda > 2.00 m. Rientrano in questa categoria le superfici modali stabili, a morfologia subpianeggiante od ondulata, appartenenti all'unità geomorfologica 3 (settore sud-est).

Nella *Carta di Sintesi* (TAV. 5 in scala 1:5.000) sono evidenziate le tre unità geotecniche individuate.

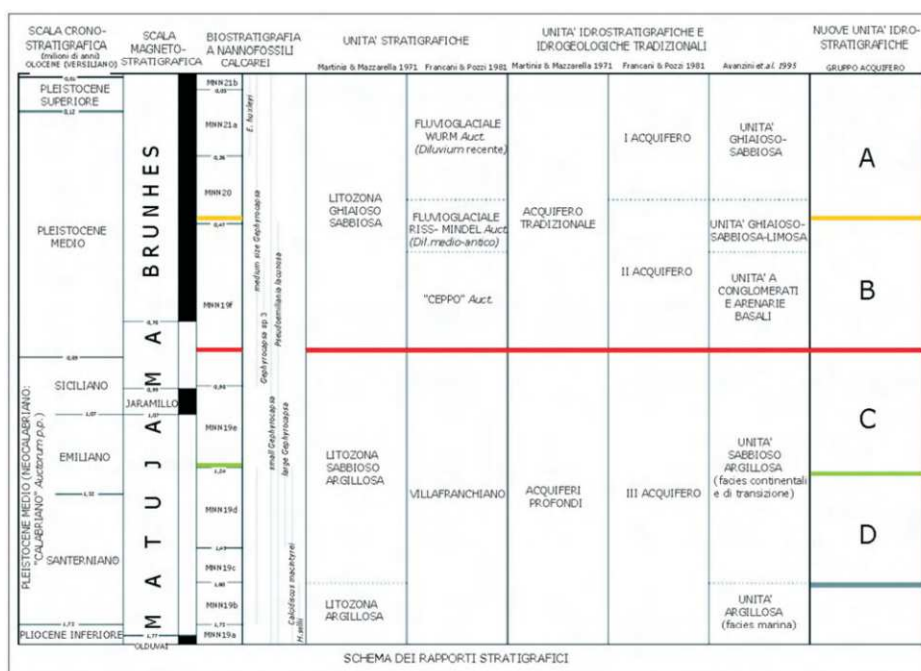
INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Nell'ambito degli studi propedeutici alla revisione del Piano di Gestione delle Acque (PdG 2015) / Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA 2016) è stato condotto lo studio *Progetto di accompagnamento tecnico-scientifico alla revisione del Piano di Tutela delle Acque. Approfondimento specialistico relativo ai corpi idrici sotterranei* (Éupolis, febbraio 2015). Tale studio ha portato 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*, a cura di Cipriano Carcano e Andrea Piccin (S.EL.CA., Firenze) e condotto tra il 1999 e il 2002 in collaborazione tra Regione Lombardia e Eni-Divisione Agip.

Applicando i criteri della stratigrafia sequenziale lo studio ha suddiviso i depositi alluvionali della pianura padana lombarda in quattro unità idrostratigrafiche di rango superiore a partire dal p.c.: Gruppo Acquifero A (Olocene-Pleistocene Medio); Gruppo Acquifero B (Pleistocene Medio); Gruppo Acquifero C (Pleistocene Medio); Gruppo Acquifero D.

Le relazioni stratigrafiche dei Gruppi con le altre unità stabilite in letteratura sono riassunte nel seguente schema.



Tra quest'ultima ricostruzione idrogeologica e la precedente classificazione Eni-Divisione Agip 2002 si evidenziano delle differenze di profondità delle superfici di base dei Gruppi Acquiferi, conseguenti al maggiore peso attribuito al dato stratigrafico diretto rispetto a quello indiretto che sta alla base delle interpretazioni Eni-Divisione Agip 2002.

La differenziazione in sottogruppi è stata fondamentale per delimitare verticalmente gli acquiferi superficiali, in comunicazione diretta con la superficie, generalmente sede dell'acquifero libero, dagli acquiferi intermedi e profondi, comunicanti solo localmente con gli acquiferi superficiali per interruzione degli acquitardi di separazione (in corrispondenza di paleovalvei o di eteropie laterali) o drenanza dagli stessi.

Tale studio ha reso possibile l'identificazione di tre idrostrutture principali di seguito elencate: ISS (Idrostruttura Sotterranea Superficiale), ISI (Idrostruttura Sotterranea Intermedia), ISP (Idrostruttura sotterranea profonda).

L'**Iidrostruttura Sotterranea Superficiale (ISS)** comprendente il Gruppo Acquifero A e B, nei settori di alta pianura Lombarda, e la porzione superiore del Gruppo Acquifero A (denominata Unità A1) nella media e bassa pianura; essa è costituita da uno o più corpi acquiferi caratterizzati da permeabilità da alta a media, sede dell'acquifero libero, localmente

semiconfinato, i cui limiti coincidono con la superficie topografica (top), la superficie di separazione dal sottostante ISI (Idrostruttura sotterranea Intermedia - bottom), i confini delle idrostrutture di pianura.

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 Sotterranea Intermedia (ISI) è sede di acquiferi da semiconfinati a confinati e comprende la porzione profonda del Gruppo Acquifero A (denominata Unità A2) e il Gruppo Acquifero B presente nella media e bassa pianura.

Essa è costituita da un sistema di acquiferi multistrato caratterizzati da permeabilità media, sede di acquiferi generalmente confinati, localmente semiconfinati, i cui limiti coincidono con la base dell'ISS (top), con la superficie di separazione dal sottostante ISP (Idrostruttura sotterranea Profonda - bottom, corrispondente alla base del Gruppo Acquifero B), con i confini delle idrostrutture di pianura (limiti laterali).

L'ISI comprende corpi idrici di significativo interesse idrogeologico sia da un punto di vista quantitativo sia qualitativo, perché rappresenta un serbatoio idrico per la media e bassa pianura che, in genere, è meno vulnerabile alle contaminazioni idrogeologiche. Può tuttavia essere localmente interessato da scarsa qualità di base delle acque in esso circolanti di origine naturale (presenza di Ferro, Manganese, Arsenico, Azoto Ammoniacale).

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 Intermedia (ISI) è posto in corrispondenza del limite basale del Gruppo acquifero B, nella media e bassa pianura lombarda.

L'Idrostruttura Sotterranea Profonda (ISP) è sede di acquiferi confinati comprendente il Gruppo Acquifero C nei settori di alta e media pianura in cui esso è conosciuto tramite indagini dirette e captato. Essa è costituita da un sistema di acquiferi multistrato caratterizzati da permeabilità media, sede di acquiferi confinati, i cui limiti coincidono con la base dell'ISS nella parte alta di pianura lombarda e dell'ISI nella parte medio bassa (top). Il limite basale non è stato definito perché non si dispone di informazioni sufficienti per la sua identificazione.

Anche l'ISP costituisce corpo idrico di significativo interesse idrogeologico da un punto di vista sia quantitativo sia qualitativo, perché rappresenta il serbatoio idrico dell'alta pianura che ha evidenziato condizioni di equilibrio nel periodo di indagine (1980-2014) e che, in genere è meno vulnerabile alle contaminazioni idrogeologiche.

Può tuttavia essere localmente interessato da scarsa qualità di base delle acque in esso circolanti a causa di fenomeni naturali (presenza di Ferro Manganese Arsenico, Azoto Ammoniacale).

Vengono ora descritte le principali caratteristiche quantitative e qualitative dei corpi idrici sotterranei che interessano il territorio di comunale di Casaleggio Vaprio (periodo di monitoraggio 2009-2014, PdG 2015/PTUA 2016).

Per quel che riguarda l'Idrostruttura Sotterranea Superficiale (ISS), si deve fare riferimento al Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media pianura Bacino Adda - Oglio: COD_PTUA16 IT03GWBISMPAO.

Il corpo idrico si trova nel contesto morfologico della Media Pianura che si estende dalla porzione meridionale della Provincia di Bergamo fino a gran parte della Provincia di Cremona.

L'idrostruttura si sviluppa in seno al gruppo acquifero A1 con caratteristiche di falda libera nella parte settentrionale del corpo idrico e da semiconfinata a localmente confinata procedendo verso S. I depositi che ospitano la struttura sono costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose con locali orizzonti conglomeratici nel settore N, sabbie e sabbie ghiaiose localmente limose con intercalazioni limoso-argillose via via più frequenti e spesse verso S.

La base del corpo idrico dell'ISS della media pianura Adda - Oglio è separata dalla sottostante idrostruttura intermedia dagli orizzonti impermeabili al tetto dell'unità A2, presenti con buona continuità nel territorio in esame. L'idrostruttura appare localmente in comunicazione idraulica con la sottostante idrostruttura intermedia per l'interruzione di continuità degli orizzonti argillosi di separazione, contribuendo alla ricarica degli acquiferi profondi. L'acquifero è inoltre in rapporto di alimentazione con i principali corsi d'acqua (Fiume Adda, Fiume Oglio, Fiume Serio) e in corrispondenza nella porzione più settentrionale dell'unità (fascia dei fontanili).

All'altezza di Casaleggio Vaprio la base dell'ISS è a circa 40 m s.l.m. quindi ad una profondità media di 45 m circa dal p.c.

Regione Lombardia
Programma di Tutela e Uso delle Acque – Elaborato 2

Tabella 2.6 – Classificazione dei corpi idrici sotterranei del PdG 2015/PTUA 2016 (sessennio monitoraggio 2009-2014)

Codice PdG2015	Nome	Stato quantitativo	Confidenza	Stato chimico	Confidenza
IT03GWBISAMPLO	Corpo idrico sotterraneo profondo di Alta e Media pianura Lombarda	BUONO	ALTA	NON BUONO	ALTA
IT03GWBISAPAO	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Alta pianura Bacino Adda - Oglio	BUONO	ALTA	NON BUONO	ALTA
IT03GWBISAPOM	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Alta pianura Bacino Oglio - Mella	BUONO	ALTA	NON BUONO	ALTA
IT03GWBISAPTA	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Alta pianura Bacino Ticino - Adda	BUONO	ALTA	NON BUONO	ALTA
IT03GWBISBPPO	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Bassa pianura Bacino PO	BUONO	ALTA	NON BUONO	ALTA
IT03GWBISMPAO	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media pianura Bacino Adda - Oglio	BUONO	ALTA	NON BUONO	ALTA

Tabella 2.7 – Elenco delle sostanze che superano gli standard di qualità ambientale (Tab. 2, Allegato 3, D.Lgs. 30/2009) o i valori soglia (Tab. 3, Allegato 3, D.Lgs. 30/2009) almeno una volta nel triennio di monitoraggio 2012-2014.

Codice	Nome	Sostanze Tab. 2	Sostanze Tab. 3
IT03GWBISMPMLS	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media pianura Bacino Sud Ticino - Lambro	Bentazone; Quinclorac; Sommataria-fitofarmaci	Arsenico; Benzene; Ione-Ammonio-(NH4+)
IT03GWBISMPPLAN	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media pianura Bacino Nord Lambro - Adda		Antimonio; Dibenzo(a-h)antracene; Ione-Ammonio-(NH4+); Tetracloroetilene; Tricloroetilene; Triclorometano
IT03GWBISMPAO	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media pianura Bacino Adda - Oglio	Atrazina-desetil; Terbutilazina-desetil; Nitrati	Arsenico; Ione-Ammonio-(NH4+); Nichel; Nitrati; Piombo; Solfati; Tetracloroetilene; Triclorometano

Come Idrostruttura Sotterranea Intermedia (ISI) si registra il contatto laterale tra il Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Ticino - Mella COD_PTUA16 IT03GWBISIMPTM nel settore nord e il Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Adda - Mella - Oglio COD_PTUA16 IT03GWBISIMPAMO nel settore sud di Casaleggio Vaprio.

Il Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Ticino - Mella COD_PTUA16 IT03GWBISIMPTM (settore nord di Casaleggio Vaprio) si differenzia dai corpi idrici di Media Pianura, presenti più a S, per la presenza di condizioni di minor confinamento dei diversi orizzonti acquiferi che lo costituiscono. L'idrostruttura è contenuta all'interno dei sedimenti della porzione profonda del Gruppo Acquifero A (sottogruppo A2) e del gruppo acquifero B.

Litologicamente, i depositi che ospitano il corpo idrico sono costituiti da alternanze di sabbie e sabbie ghiaiose, sabbie e argille; rispetto alle idrostrutture superiori le intercalazioni argillose, seppure ancora subordinate, assumono maggiore continuità areale e spessore localmente superiore a 10 m.

Contiene un sistema acquifero multistrato generalmente in equilibrio o in lieve sovrappressione rispetto all'acquifero superficiale ad eccezione delle fasce in corrispondenza di scarpate principali (dove si registrano fenomeni locali di forte sovrappressione dell'acquifero).

L'acquifero ha carattere generalmente semiconfinato, alimentato dall'idrostruttura superiore laddove l'orizzonte impermeabile di separazione presenta interruzioni o passaggi eteropici a sabbie.

Il Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Adda - Mella - Oglio COD_PTUA16 IT03GWBISIMPAMO (settore sud di Casaleggio Vaprio) si colloca nell'ambito della Medio-Bassa Pianura.

Si differenzia dai corpi idrici di Media Pianura situati più a N, a O e a E per l'aumento significativo delle intercalazioni limoso argillose che tendono ad essere localmente prevalenti su quelle sabbiose ghiaiose.

L'idrostruttura è contenuta all'interno dei sedimenti della porzione profonda del gruppo acquifero A (sottogruppo A2) e del gruppo acquifero B. Contiene un acquifero multistrato generalmente in sottopressione rispetto all'acquifero superficiale (che risulta fortemente ricaricato dai canali irrigui), e solo localmente in pressione in corrispondenza delle scarpate principali.

Litologicamente i depositi che ospitano il corpo idrico sono costituiti in prevalenza da limi e argille localmente torbose plurimetri intercalati a sabbie e sabbie ghiaiose; al tetto ed alla base dell'unità le intercalazioni assumono buona continuità areale e spessore localmente superiore a 10 m.

Risulta separato dall'idrostruttura sottostante (ISP) da orizzonti argillosi di spessore anche superiore a 15 m.

Nel territorio di Casale Vaprio il limite inferiore della ISI è a -50 m circa s.l.m. quindi a profondità media di 135 m circa dal p.c.

Regione Lombardia
Programma di Tutela e Uso delle Acque - Elaborato 2

Tabella 2.6 – Classificazione dei corpi idrici sotterranei del PdG 2015/PTUA 2016 (sessennio monitoraggio 2009-2014)

Codice PdG2015	Nome	Stato quantitativo	Confidenza	Stato chimico	Confidenza
IT03GWBISBPPO	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Bassa pianura Bacino PO	BUONO	ALTA	NON BUONO	ALTA
IT03GWBISIMPAMO	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Adda - Mella - Oglio	BUONO	ALTA	NON BUONO	ALTA
IT03GWBISIMPOMOM	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Mella - Oglio - Mincio	BUONO	ALTA	NON BUONO	ALTA
IT03GWBISIMPP	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Pavese	BUONO	ALTA	NON BUONO	ALTA
IT03GWBISIMPTA	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Ticino - Adda	BUONO	ALTA	NON BUONO	BASSA
IT03GWBISIMPTM	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Ticino - Mella	BUONO	ALTA	NON BUONO	ALTA
IT03GWBISIMPLO	Corpo idrico sotterraneo profondo di Alta e Media pianura Lombardia	BUONO	ALTA	NON BUONO	ALTA

Tabella 2.7 – Elenco delle sostanze che superano gli standard di qualità ambientale (Tab. 2, Allegato 3, D.Lgs. 30/2009) o i valori soglia (Tab. 3, Allegato 3, D.Lgs. 30/2009) almeno una volta nel triennio di monitoraggio 2012-2014.

Codice	Nome	Sostanze Tab. 2	Sostanze Tab. 3
IT03GWBISBPPO	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Bassa pianura Bacino PO	Bentazone; Bromacil; Nitrati	Arsenico; Benzo-(g-h-i)-perilene; Boro; Bromodichlorometano; Cloruri; Dibromodichlorometano; Ione-Ammonio-(NH4+); Triclorometano
IT03GWBISIMPP	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Pavese	Atrazina; Bentazone; Molinate; Sostanze fitofarmaci	Triclorometano
IT03GWBISIMPTM	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Ticino - Mella	2,6-Diclorobenzammide; Aldrin; Atrazina; Atrazina-desetil; Atrazina-desisopropil; Bromacil; Dicamba; Propanil; Sostanze fitofarmaci; Nitrati	1,4-Diclorobenzene; 2,6-Diclorobenzammide; Carbamazepina-(µg/l); Cromo-VI; Dibenzo(a-h)antracene; Nichel; Sostanze Organo-Alogenati; Tetracloroetilene; Tricloroetilene; Triclorometano
IT03GWBISIMPAMO	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Adda - Mella - Oglio	Dicamba; Propanil; Terbutilazina-desetil	Arsenico; Ione-Ammonio-(NH4+); Triclorometano
IT03GWBISIMPOMOM	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Mella - Oglio - Mincio	Dicamba; Sostanze fitofarmaci; Terbutilazina; Terbutilazina-desetil	Arsenico; Ione-Ammonio-(NH4+); Tetracloroetilene; Triclorometano

L'Istituto Sotterranea Profonda (ISP) è interessata dal Corpo idrico sotterraneo profondo di Alta e Media pianura lombarda COD_PTUA16 IT03GWBISIMPLO.

La caratterizzazione idrostratigrafica dell'acquifero profondo, in termini sia litologici sia di geometria del tetto, è stata effettuata solo laddove risultano disponibili i dati diretti di pozzi profondi (fino a circa 200 m), ed in particolare nei settori settentrionali ed occidentali del corpo idrico.

In riferimento allo studio di Regione Lombardia e di Eni Divisione Agip (Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia - 2002), l'acquifero è contenuto nel gruppo acquifero C ed è di tipo multistrato confinato, alimentato dalle idrostrutture superficiali e intermedie in corrispondenza delle aree prossime ai rilievi pedemontani (deflusso da monte).

Regione Lombardia
Programma di Tutela e Uso delle Acque - Elaborato 2

Tabella 2.6 – Classificazione dei corpi idrici sotterranei del PdG 2015/PTUA 2016 (sessennio monitoraggio 2009-2014)

Codice PdG2015	Nome	Stato quantitativo	Confidenza	Stato chimico	Confidenza
IT03GWBISIMPTA	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Ticino - Adda	BUONO	ALTA	BUONO	BASSA
IT03GWBISIMPTM	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Ticino - Mella	BUONO	ALTA	NON BUONO	ALTA
IT03GWBISIMPLO	Corpo idrico sotterraneo profondo di Alta e Media pianura Lombardia	BUONO	ALTA	NON BUONO	ALTA
IT03GWBISBPPO	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Alta pianura Bacino Adda - Oglio	BUONO	ALTA	NON BUONO	ALTA

Tabella 2.7 – Elenco delle sostanze che superano gli standard di qualità ambientale (Tab. 2, Allegato 3, D.Lgs. 30/2009) o i valori soglia (Tab. 3, Allegato 3, D.Lgs. 30/2009) almeno una volta nel triennio di monitoraggio 2012-2014.

Codice	Nome	Sostanze Tab. 2	Sostanze Tab. 3
IT03GWBISBPPO	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Bassa pianura Bacino PO	Bentazone	Arsenico; Cloruri; Dichlorobenzene-1,4; Ione-Ammonio-(NH4+); Piombo
IT03GWBISIMPLO	Corpo idrico sotterraneo profondo di Alta e Media pianura Lombardia	AMPA; Sostanze (aldrin-dieldrin-endrin-isodrin)	Arsenico; Bromodichlorometano; Cromo-VI; Dibenzo(a-h)antracene; Dibromodichlorometano; Ione-Ammonio-(NH4+); Nichel; Tetracloroetilene; Tricloroetilene; Triclorometano; Sostanze (aldrin-dieldrin-endrin-isodrin)

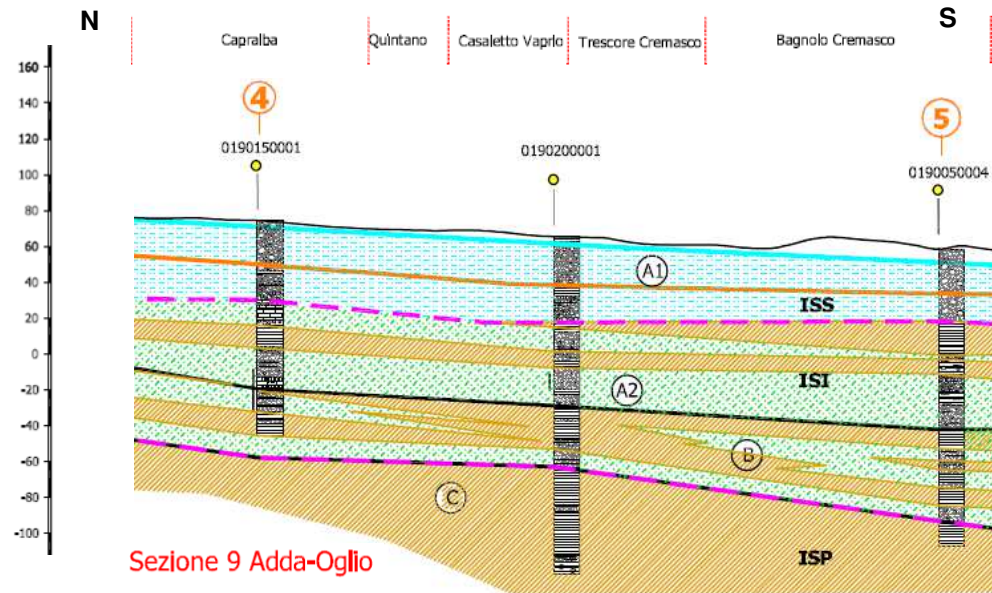
La classificazione dello STATO QUANTITATIVO si basa sulla verifica che il livello o la portata delle acque nel corpo sotterraneo sia tale che la media annua non esaurisca le risorse idriche sotterranee disponibili.

In base al periodo di monitoraggio 2009-2014 (PdG 2015/PTUA 2016), lo stato quantitativo è considerato BUONO (v. tabelle 2.6).

Lo STATO CHIMICO delle acque sotterranee, in riferimento alle concentrazioni dei principali parametri chimico-fisici e chimici (suddivisi in parametri di base e addizionali), invece NON È BUONO (v. tabelle 2.6).

Al riguardo, nella tabella 2.7 sono elencate le sostanze che hanno superato gli standard di qualità ambientale (Tab. 2, Allegato 3, D.Lgs. 30/2009) o i valori soglia (Tab. 3, Allegato 3, D.Lgs. 30/2009) almeno una volta nel triennio di monitoraggio 2012-2014.

Per comprendere la successione verticale dei vari corpi idrici sotterranei sopra descritti viene proposto un estratto della sezione idrogeologica "9" (Fig. 2) estrapolata da "Attività di progettazione, monitoraggio e studio relativa ai corpi idrici sotterranei della Lombardia - cod. Eupolis Lombardia ter 13016/001 (dic. 2014) - che attraversa con andamento N-S il territorio di Casaleggio Vaprio.



Sezione 9 Adda-Oglio

CLASSIFICAZIONE DELLE UNITA' IDROGEOLOGICHE

ACQUIFERO SUPERIORE	A	GRUPPO ACQUIFERO A Ghiale e ghiale grossolane a matrice sabbiosa grossolana con subordinati livelli sabbiosi da medi a grossolani; localmente presenti livelli decimetrici di argille e argille limose. Localmente si differenzia in una porzione superficiale idrogeologicamente in comunicazione diretta con la superficie (A1) da una più profonda semiconfinata o confinata (A2). <i>Ambiente di deposizione: continentale fluviale braided ad alta energia</i>
	B	GRUPPO ACQUIFERO B Sabbie medio grossolane, sabbie ciottolose e ghiale a matrice sabbiosa; con orizzonti cementati e livelli di sedimenti fini argilloso limosi. <i>Ambiente di deposizione: continentale fluviale braided</i>
ACQUIFERO INTERMEDIO PROFONDI	C	GRUPPO ACQUIFERO C Alternanza di sabbie da fini a medie e di argille limose verdi e argille palustri bruno-nerastre. <i>Ambiente di deposizione: continentale/transizionale deltizio</i>
SUBSTRATO ROCCIOSO INDIFFERENZIATO	R	SUBSTRATO ROCCIOSO INDIFFERENZIATO

Fig. 2

-  Idrostruttura Sotterranea Superficiale (ISS)
-  Idrostruttura Sotterranea Intermedia (ISI) e Profonda (ISP)
-  Orizzonti a bassa permeabilità (sabbie fini, limi e argille)
-  Limite gruppo acquifero
-  Limite di Idrostruttura
-  Limite dell'acquifero superficiale (da PTUA - 2006)

Limiti comunali

1 Incrocio fra sezioni



CARATTERI IDROGEOLOGICI LOCALI

L'assetto idrogeologico locale è dato dalla sovrapposizione di due litozone:

- A) superficiale, sede di falda libera;
- B) profonda, con acquiferi confinati e falde artesiane.

Litozona A: è costituita da depositi ghiaioso-sabbiosi con ciottoli subordinati sino a circa -45/-50 m dal p.c.; tra -26 e -33 m circa dal p.c. si rinviene un livello argilloso e argilloso-limoso discretamente persistente che, comunque, non preclude la possibilità di interscambi in senso verticale.

Corrisponde all'idrostruttura sotterranea superficiale ISS (sottogruppo A1).

Tale l'acquifero, in cui ha sede la falda libera, è caratterizzato da una permeabilità elevata ($K \cong 10^{-3}$ m/s) ed alimentato dall'infiltrazione diretta delle acque meteoriche, dai corpi idrici superficiali e dalle pratiche irrigue.

L'assenza di orizzonti superficiali a granulometria fine, sufficientemente potenti ed estesi da garantire un'adeguata protezione da possibili inquinanti provenienti dalla superficie topografica, determina una vulnerabilità elevata nei confronti di potenziali contaminanti dispersi in superficie o nei corsi d'acqua.

Litozona B: si sviluppa dal letto della litozona precedente fino alla profondità di circa 130-140 m.

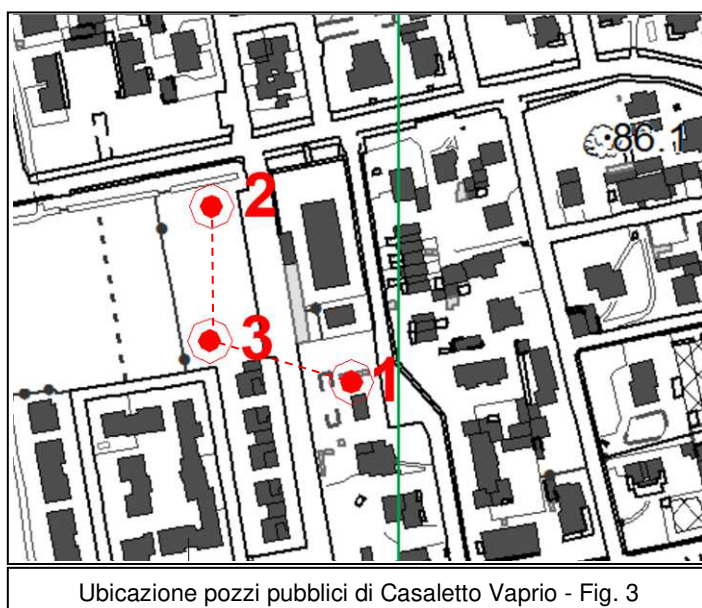
Corrisponde all'idrostruttura sotterranea intermedia ISI (sottogruppo A2 e gruppo B).

Da un punto di vista litologico è caratterizzata da un'alternanza di setti argillosi con locali intercalazioni torbose, di spessore ≤ 5 m (raramente > 10 m), ed orizzonti acquiferi sabbiosi con raro ghiaietto che ospitano falde da semi-artesiane ad artesiane, con livelli piezometrici che possono raggiungere quote anche superiori a quelle di piano campagna (falde artesiane).

L'assetto è variabile e la continuità laterale talvolta incerta.

Al letto si rinvenivano potenti banchi argillosi e argilloso-torbosi (almeno 50-60 m di spessore) estesi e persistenti che di fatto rappresentano l'inizio dell'idrostruttura sotterranea profonda ISP.

L'assetto idrogeologico sopra descritto è rappresentato nel profilo litostratigrafico che interpola i dati dei tre pozzi dell'acquedotto pubblico di Casaletto Vaprio (Fig. 3-4).



La **rete acquedottistica locale, gestita da PADANIA ACQUE S.p.A.**, è servita da tre pozzi (1-2-3).

Nelle tabelle seguenti ne sono riassunte le principali caratteristiche tecniche, messe gentilmente a disposizione da PADANIA ACQUE S.p.A.

ID_prelievo	Comune	Indirizzo	N_pozzo	Anno costruzione	N_colonne	X_Gauss-Boaga	Y_Gauss-Boaga	Quota
190200001	Casaletto Vaprio	Via Don Gnocchi	Pozzo 1	1991	1	1549005,291	5028335,199	86,6 m s.l.m.
190200002		Via Verdi	Pozzo 2	2021	1	1548942,71	5028413,65	86,1 m s.l.m.
190200003		Via Verdi	pozzo 3	2021	1	1548941,92	5028353,60	86,1 m s.l.m.

ID_prelievo	Profondità foro	Profondità tubo	N filtri	Filtro1 top	Filtro1 bottom	Filtro2 top	Filtro2 bottom	Filtro3 top	Filtro3 bottom	ZTA	ZDR
190200001	188,0 m	105,0 m	1	76 m	85 m					10 m	10 m
190200002	138,0 m	135,0 m	3	76 m	91 m	109 m	118 m	123 m	129 m	10 m	10 m
190200003	138,0 m	135,0 m	2	75,6 m	90 m	116 m	125 m			10 m	10 m

[Da segnalare la riduzione a 10 m di raggio della zona di rispetto (ZDR) coincidente di fatto con quella di tutela assoluta (ZTA)]

I pozzi ad uso idropotabile dell'acquedotto di Casaletto Vaprio hanno filtri posizionati tra 75,6 e 91 m (P.1-2-3), tra 109 e 125 m (P.2-3) e tra 123 e 129 m (P.2) di profondità, ad interessamento quindi della litozona B corrispondente all'idrostruttura sotterranea intermedia ISl.

Nell'Allegato 1 sono proposte le stratigrafiche dei tre pozzi e le analisi chimico-fisiche delle acque più recenti, eseguite sulle acque grezze (pre-trattamento di potabilizzazione), messe gentilmente a disposizione da PADANIA ACQUE S.p.A. Si precisa che i pozzi convogliano le acque prelevate verso il nuovo impianto di trattamento, sito in via Verdi, entrato in funzione nel corso dell'anno 2024, dove vengono rese idonee al consumo umano ai sensi del D.Lgs. 18/2023.

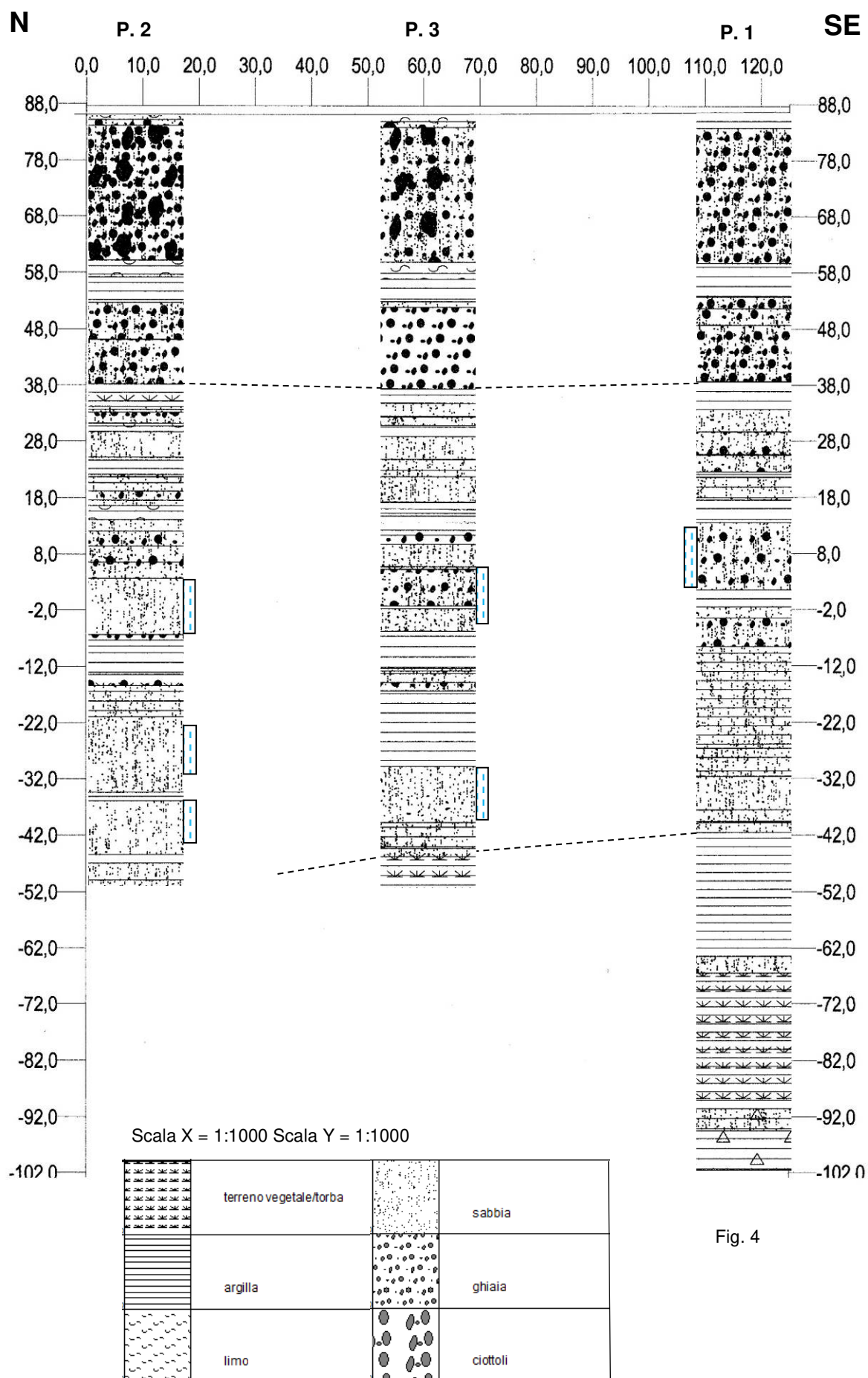


Fig. 4

PIEZOMETRIA

FALDA SUPERFICIALE

La piezometria della falda superficiale è stata desunta dalle elaborazioni effettuate durante le campagne di rilievo nel 2014 nell'ambito dell'"Approfondimento specialistico relativo ai corpi idrici sotterranei nel PTUA" (02/2015) - Polis Lombardia (Fonte: Geoportale Lombardia).

I rilievi piezometrici e la ricostruzione cartografica sono stati condotti da Studio Idrogeotecnico Applicato s.a.s. e Idrogea Servizi s.r.l., su incarico affidato da Eupolis Lombardia.

Le isopiezometriche basate sul monitoraggio del settembre 2014 (Fig. 5) sono evidenziate anche sulla *Carta idrogeologica* (TAV. 2 in scala 1:10.000).

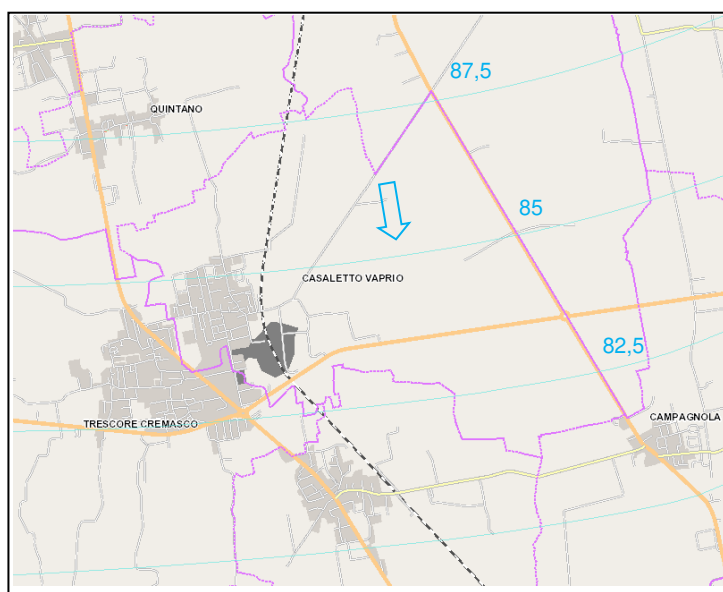


Fig. 5

In corrispondenza del territorio comunale di Casaletto Vaprio la falda superficiale è compresa tra le quote di 87,5 (nord) e 82,5 m (sud) s.l.m. con una soggiacenza relativa variabile da 1,0/1,5 m a 2,0/2,5 m rispetto al p.c.

La direzione di flusso generale è N-S.

Questi dati confermano sostanzialmente la ricostruzione dell'andamento della falda libera, basata su rilevazioni di campagna, contenuta nello studio della "Componente geologica, idrogeologica e sismica nell'ambito del Piano di Governo del Territorio" redatto dal dott. geol. Giovanni Bassi nel 2008 ai sensi della D.G.R. 22.12.05 N. 8/1566.

Eventuali oscillazioni a carattere locale nelle direttrici del flusso di falda possono essere determinate dalla presenza di assi drenanti lungo antichi alvei dei corsi d'acqua. Il gradiente idraulico medio per l'acquifero freatico è 2 ‰.

In tutto il territorio in esame la falda è subaffiorante e, in fase di minima, scende a circa 2 m dal p.c.; fanno eccezione alcune limitate porzioni di territorio a sud di C.na Bondenta, in cui la soggiacenza minima supera di poco i 2 m (unità morfologica 3).

Le aree a minor soggiacenza, con falda sempre a profondità inferiori al metro, sono distribuite omogeneamente lungo le direttrici Nord-Sud su cui è impostato il reticolo idrico (unità morfologica 1); esse corrispondono a superfici debolmente depresse in cui si osservano difficoltà di infiltrazione, con possibile formazione di ristagni in corrispondenza di eventi piovosi intensi e prolungati.

La superficie della falda libera subisce oscillazioni durante l'anno, più marcate nel periodo irriguo (maggio-settembre) in cui è possibile la riattivazione di alcuni fontanili, solitamente asciutti nel resto dell'anno.

La presenza di una falda freatica superficiale o addirittura subaffiorante esclude o comunque limita notevolmente la possibilità di drenare nel sottosuolo le acque in eccesso legate, ad esempio, ad eventi meteorici particolarmente intensi. Unitamente all'alta permeabilità dei depositi superficiali (prevalentemente ghiaiosi) ed al basso grado di protezione offerto dai suoli, le suddette condizioni fanno sì che la vulnerabilità intrinseca dell'acquifero freatico sia elevata.

FALDA PROFONDA

Anche la piezometria della falda profonda è stata ricavata dalle elaborazioni effettuate durante le campagne di rilievo del settembre 2014 (Fig. 6) nell'ambito dell'"Approfondimento specialistico relativo ai corpi idrici sotterranei nel PTUA" (02/2015) - Polis Lombardia (Fonte: Geoportale Lombardia).

In corrispondenza del territorio comunale di Casaleto Vaprio la piezometria è compresa tra le quote di 86,5 (nord) e 80 m (sud) s.l.m. mentre la direzione di flusso generale è N-S.

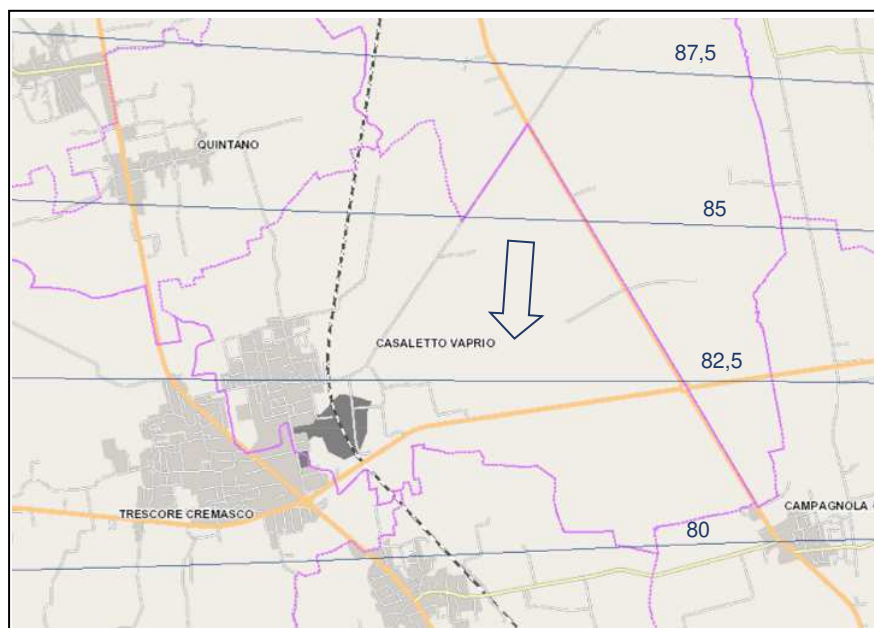


Fig. 6

IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Il territorio comunale di Casaleto Vaprio è inserito nel settore centrale della pianura cremasca, corrispondente alla fascia delle risorgive. Qui sussistono le condizioni adatte per la formazione dei fontanili (falda idrica subaffiorante, accompagnata dall'alternanza di lenti di depositi a diversa granulometria, con conseguenti variazioni locali di permeabilità) i cui deflussi generano ed alimentano il reticolo secondario della pianura.

Nell'area in esame sono presenti numerosi corpi idrici con linee di drenaggio in prevalente direzione N-S: da ovest verso est si segnalano le rogge Oriolo, Moso, Oretta, Ora, Alchina, Colatore Castagnola, Bissone della Bondenta.

I corsi d'acqua più importanti, per portata, lunghezza e sezione sono la roggia Alchina (di rilevanza sovracomunale), che percorre il territorio in esame da nord-est a sud-ovest, e la roggia Ora (nord-sud).

Dalla roggia Alchina derivano, in sinistra idrografica, due importanti bocchelli, qui denominati convenzionalmente Bocchello dell'Alchina A e B che, muovendo da nord a sud, irrigano numerosi appezzamenti di terreno.

Ad est del centro abitato si segnalano quattro fontanili - *Risali, Ronchi, Castagnola nord e Castagnola sud* - che si attivano soprattutto durante la stagione estiva in occasione della fase irrigua.

Essi non sono individuati né sulle tavole del PTCP né nell'elenco dei fontanili provinciali aggiornato al 2014.

Qui di seguito vengono rappresentati i corsi d'acqua che scorrono all'interno del territorio comunale di Casaleto Vaprio sulla base dell'aggiornamento del Reticolo Idrico Minore predisposto dallo studio AGRITER nel 2011 (Fig. 7).

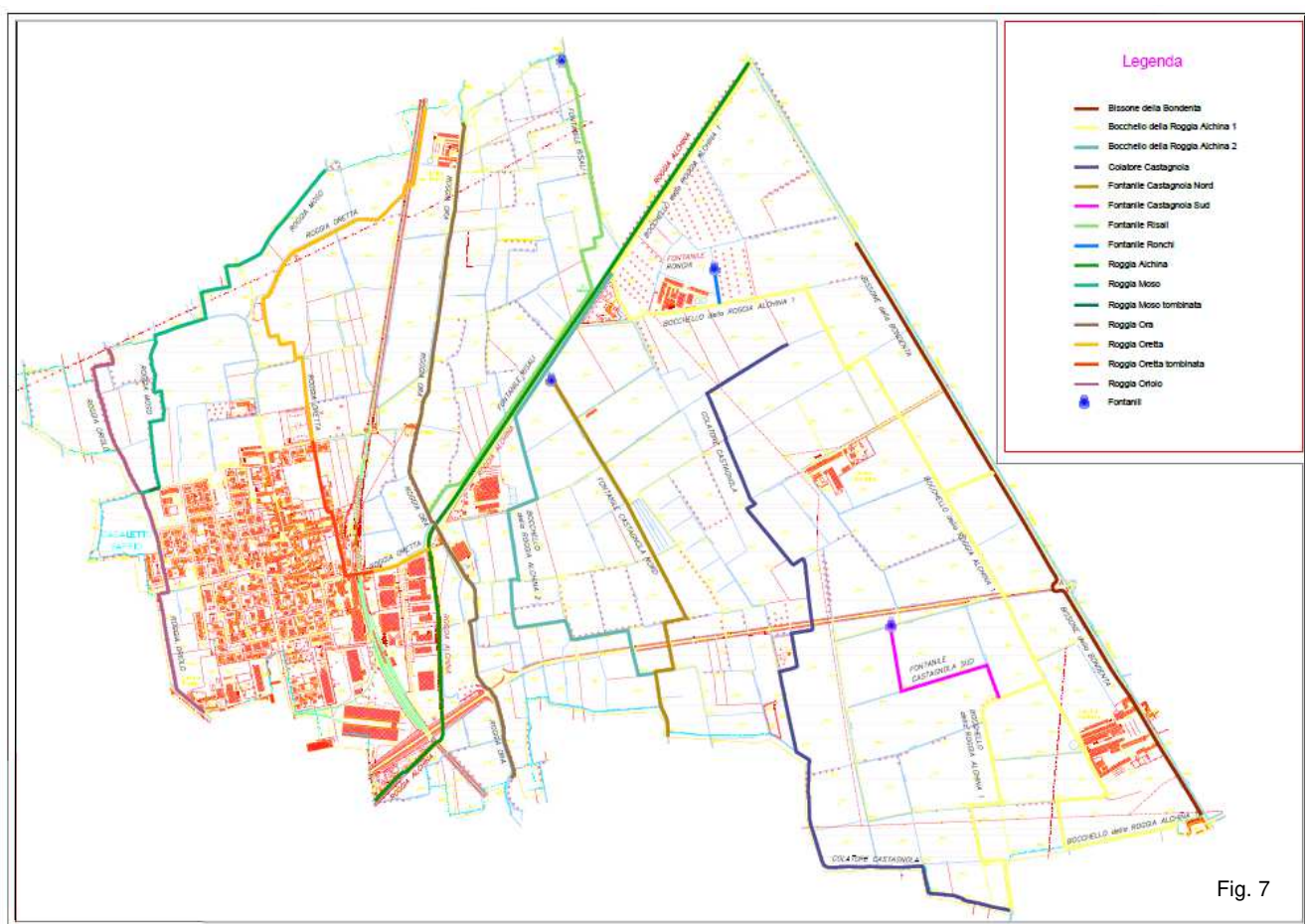


Fig. 7

RETICOLO IDRICO MINORE

In attuazione della L.R. 1/2000 e secondo la D.G.R. n° 7/7868 del 25/01/2002 così come aggiornata dalla D.G.R. n° 7/13950 del 1/08/2003, l'incaricato Studio AGRITER di Crema ha predisposto nel 2011 l'aggiornamento sia dello studio del Reticolo Idrico Minore di pertinenza del comune di Casalezzo Vaprio che del Regolamento di polizia idraulica.

Dopo parere favorevole in data 7.12.2011 prot. n. 5655 da parte della Regione Lombardia - Sede territoriale di Cremona, il Reticolo Idrico Minore è stato approvato con Delibera C.C. n. 4 del 9 marzo 2012 diventando parte integrante del PGT. Esso di fatto sostituisce quello precedentemente adottato e approvato con Delibera C.C. n. 20 del 26 settembre 2008 che trova riferimento anche nello studio della Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio del comune di Casalezzo Vaprio, redatto secondo i criteri di cui alla D.G.R. 22.12.05 N. 8/1566 ai sensi della L.R. 11.3.05 N.12 art. 5.7 dal dott. geol. Giovanni Bassi (2008).

In occasione della presente Variante generale al PGT l'Amministrazione comunale di Casalezzo Vaprio non ha ritenuto di assegnare alcun incarico per l'aggiornamento del Reticolo Idrico Minore mantenendo di fatto quello datato 2011.

Nel territorio comunale non sono presenti corsi d'acqua appartenenti al "Reticolo principale" di competenza regionale.

Lo studio condotta da AGRITER (2011) ha individuato i corsi d'acqua appartenenti a:

- "Reticolo Idrico Minore", di competenza del Comune,
- "Rete Irrigua Principale", per i quali la competenza è demandata ai Consorzi Irrigui di appartenenza,
- "Rete Irrigua Secondaria" rappresentati da canali di irrigazione e di colo di interesse aziendale o interaziendale.

ELENCO 1
RETICOLO PRINCIPALE DI COMPETENZA DELLA REGIONE LOMBARDIA
(allegato A della D.G.R.L. 01.10.2008 n. 8/8127)
DENOMINAZIONE
Assente

ELENCO 2
RETICOLO MINORE DI COMPETENZA DEL COMUNE DI CASALEZZO VAPRIO
DENOMINAZIONE
Roggia Alchina

ELENCO 3
RETE IRRIGUA PRINCIPALE DEL COMUNE DI CASALEZZO VAPRIO
DENOMINAZIONE
Roggia Oriolo
Roggia Moso
Roggia Oretta
Roggia Ora
Fontanile Risali
Fontanile Ronchi
Bocchello della Roggia Alchina 1
Bocchello della Roggia Alchina 2
Fontanile Castagnola Nord
Fontanile Castagnola Sud
Colatore Castagnola
Bissone della Bondenta

Su entrambe le sponde dei corsi d'acqua è istituita la fascia di rispetto dove non è consentita nuova edificazione e la cui profondità è differenziata secondo l'importanza ed il valore dei corsi d'acqua.

La profondità delle fasce di rispetto deve intendersi misurata, in orizzontale, dal limite più esterno della sponda incisa o, in presenza di argini e rilevati di sponda, dal piede esterno dello stesso.

La fascia di rispetto deve garantire la conservazione dell'ambiente di ripa, mantenere in piena efficienza il canale e la funzionalità delle sue opere idrauliche, consentire i lavori di manutenzione ordinaria e straordinaria del corso d'acqua.

Le fasce di rispetto dei corsi d'acqua sono state così differenziate:

a) corso d'acqua del **Reticolo Idrico Minore** ad importanza sovracomunale (Roggia Alchina): 20 m

La fascia di rispetto della Roggia Alchina per i tratti interni all'area urbanizzata o di edificato significativo è ridotta a 15 m.

La fascia di rispetto è inoltre determinata come segue:

- per piantagioni, alberature e siepi che non influiscono negativamente sull'equilibrio idrogeologico e ambientale del corso d'acqua: nessuna distanza;
- per le recinzioni: 4 m;
- la distanza minima degli scavi dal corso d'acqua dovrà essere maggiore della fascia di rispetto;
- scavi permanenti in falda dovranno mantenersi alla distanza minima di 10 m dal corso d'acqua incrementata della profondità di scavo.

Su edifici esistenti, posti a distanza minori di quelle indicate nei precedenti punti, potranno essere eseguiti interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, risanamento, restauro conservativo e ristrutturazione.

Per i corsi d'acqua della **Rete Irrigua Principale** vale la normativa vigente in materia (R.D. 523/1904 e successivi).

I canali di interesse aziendale e interaziendale sono stati individuati come **Rete Irrigua Secondaria**.

Sulla *Carta dei Vincoli* e sulla *Carta di Sintesi* (TAV. 3-5) sono riportati i corsi d'acqua che costituiscono il RIM ed il reticolo irriguo principale che interseca il comune di Casaletto Vaprio, con le relative fasce di rispetto.

Per ogni approfondimento si rimanda allo studio del Reticolo idrico minore ed alle Norme tecnica di Attuazione (AGRITER, 2011).

RETICOLO IDRICO SUPERFICIALE	DESCRIZIONE
<u>Reticolo Idrico Minore</u>	
Roggia Alchina	Trae la sua origine da fontanili e coli in Morengo-Bariano, con la denominazione di R.Morla. Nel comune di Mozzanica si divide in due rami denominati R.Molina e R.Frascatella. Superato l'abitato di Mozzanica i due rami si uniscono, e proseguono col nome di R.Alchina. Durante il suo corso da origine a numerose rogge e bocchelli. In Ripalta Cremasca il ramo principale si esaurisce a sud dell'abitato di Zappello dando origine a diversi bocchelli.
<u>Rete Irrigua Principale</u>	
Roggia Oriolo	Nasce da fontanili sul confine tra i comuni di Capralba e Pieranica (Fontanile Seredei e Fontana Oriola). Attraversa Quintano dove si ramifica. Uno dei due rami si esaurisce all'altezza del centro urbano, mentre l'altro prosegue nel territorio comunale di Casaletto Vaprio lungo il confine con Trescore. Si esaurisce nel comune di Casaletto Vaprio.
Roggia Moso	Nasce sul confine di Quintano e Casaletto Vaprio. Prosegue il suo percorso in Casaletto Vaprio dove si immette nella roggia Oriolo a nord-ovest del centro abitato.
Roggia Oretta	Nasce da fontanili sul confine tra i comuni di Capralba e Quintano. Attraversa il comune di Quintano e giunge in Casaletto Vaprio dove si immette nella roggia Alchina.
Roggia Ora	Nasce dai fontanili di Farinate di Capralba e percorre il confine tra Capralba e Quintano. Attraversa il comune di Casaletto Vaprio e sfocia nella R.Oriola nel comune di Cremona.
Fontanile Risali	Si origina sul confine con Quintano e prosegue verso sud lungo il confine con Capralba fino alla Roggia Alchina, in prossimità della quale devia verso ovest per correre parallela ad essa. Termina il suo percorso immettendosi nella Roggia Ora.
Bocchetto della Roggia Alchina 1	Nasce dalla Roggia Alchina in comune di Casaletto Vaprio e corre parallelo alla strada del Moso fino a località Ronchi dove svolta verso sud. In prossimità della cascina Colombara si ramifica: un ramo si immette nel Bissone della Bondenta mentre il secondo ramo prosegue verso sud uscendo dal territorio comunale.
Bocchetto della Roggia Alchina 2	Nasce dalla Roggia Alchina in comune di Casaletto Vaprio nei pressi della località Ronchi e corre parallelo alla strada del Moso fino a cascina San Giovanni dove svolta verso sud. Termina il suo corso immettendosi nel Fontanile Castagnola Nord.
Fontanile Ronchi	Si origina in località Ronchi e dopo un breve percorso si immette nel Bocchetto dell'Alchina 1.
Fontanile Castagnola Nord	Si origina a sud della Roggia Alchina tra località Ronchi e cascina San Giovanni. Prosegue il suo corso verso sud uscendo dal territorio comunale.
Fontanile Castagnola Sud	Si origina a sud della strada provinciale n.80 tra il Colatore Castagnola e il Bocchetto dell'Alchina 1, nel quale si immette dopo un breve tratto.
Colatore Castagnola	Si origina da coli in località Ronchi e prosegue verso sud fino a cascina Bondenta dove esce dal territorio comunale.
Bissone della Bondenta	Nasce da fontanili a destra della roggia Rino nel comune di Capralba. Corre lungo la SP 19 che segna il confine con Casaletto Vaprio e lungo essa origina un secondo ramo che prosegue parallelo al primo in territorio di Casaletto Vaprio. A Campagnola Cremasca i due rami si riuniscono e si gettano nella Roggia Rino Fontana.

Si allega il parere tecnico della Sede Territoriale di Cremona di Regione Lombardia (2011) sull'aggiornamento del RIM. Oggi la roggia Alchina, a tutti gli effetti, viene gestita dal Consorzio di Bonifica Dugali Naviglio Adda Serio (DUNAS).

ALLEGATO _____ ALLA
DELIBERA _____ CC _____
N. 4 DEL 09.3.2012
F.to IL SEGRETARIO COMUNALE



Regione Lombardia

Giunta Regionale
Presidenza
Sede Territoriale di Cremona

Via Dante 136 tel. 0372 4851
26100 Cremona fax 0372 457167 www.regione.lombardia.it



Regione Lombardia Giunta
SEDE TERRITORIALE DI CREMONA
Partenza 05/12/2011 14:32



AE05.2011.0002914 05/12/2011 14:32

Al Sig. Sindaco
del Comune di
26010 Casaleggio Vaprio

All. n. 1

Oggetto: Reticolo Idrico Minore - Attuazione punto 10 della D.G.R. 25/01/2002 n. 7/7868 modificata dalla DGR 01/08/2003 n. 7/13950 e succ. mod. e int..

In ottemperanza alle procedure indicate nell' allegato B) alle D.G.R. in oggetto, si trasmette il parere tecnico sull'elaborato relativo all'individuazione del reticolo idrico minore.

Distinti saluti

IL DIRIGENTE
Dott.ssa Enrica Gennari

Referenti:
Claudio Guarneri
Tel. 0372/485305
e-mail claudio_guarneri@regione.lombardia.it
Chiara Francia (Tel. 0372485324)
e-mail catasto_ui_CR@regione.lombardia.it



Regione Lombardia

Giunta Regionale
Presidenza
Sede Territoriale di Cremona

Via Dante 136 tel. 0372 4851
26100 Cremona fax 0372 457167

www.regione.lombardia.it

**Presidenza
Sede Territoriale di Cremona**

Parere n. 2 bis

ENTE: Comune di Casaleggio Vaprio (CR)

OGGETTO: Attuazione punto 10 della d.g.r. 25.01.2002 n. 7/7868 modificata dalla d.g.r. 01.08.2003 n. 7/13950 e succ. mod. e int. – Ridefinizione del reticolo idrico minore e variante allo strumento urbanistico vigente.

PREMESSO che a seguito dell'avvenuto deposito della documentazione tecnica relativa all'individuazione del reticolo idrico minore da parte del Comune di Casaleggio Vaprio, formalizzato con nota n. 3829 dell'11/11/2003, si è provveduto all'emissione del prescritto parere tecnico condizionato reso con nota 18.01.2006 Prot. n° 499;

CONSIDERATO che il Comune di Casaleggio Vaprio, con successiva nota 15.07.2011 prot. n° 3397, ha chiesto la riformulazione del prescritto parere depositando, in sostituzione del precedente, un nuovo progetto di "Reticolo Idrico Minore" comprendente i sottoelencati allegati, predisposti e redatti dallo Studio AGRITER con sede in Crema, via Del Macello, 26, sulla cui adozione si è espressa la Giunta Comunale con verbale di deliberazione n. 73 del 14.07.2011:

- Relazione introduttiva;
- Allegato A) Elenco corsi d'acqua – Tabelle descrittive;
- Allegato B) Norme tecniche di attuazione;
- Allegato C) Cartografia tematica in scala 1:5000 (Tav. 1 Reticolo Idrico Superficiale; Tav. 2 Fasce di rispetto del Reticolo Idrico Minore; Tav. 3 Individuazione corsi d'acqua);

RITENUTO pertanto doversi procedere alla rivalutazione del Reticolo Idrico Minore che il Comune di Casaleggio Vaprio ha ritenuto riproporre;

CONSIDERATO che, successivamente all'espressione del richiesto parere, il Consorzio di Miglioramento Fondiario di 2° grado "Adda-Serio" con nota 17/12/2008 prot. n. 364/08 AS, ha rappresentato l'opportunità di doversi procedere ad espungere dal reticolo idrico minore del comune di Casaleggio Vaprio tutti i canali ad esso ascritti, ivi compresa la roggia Alchina, in quanto privi di caratteristiche tali da auspicarne la demanializzazione;

DATO ATTO che per l'esame della nuova documentazione presentata non si può prescindere dal disposto dell'art. 22 della l.r. n. 5/2004 secondo il quale l'individuazione del reticolo idrico minore deve limitarsi ai corsi d'acqua indicati come demaniali in base a normative vigenti o che siano stati oggetto di interventi di sistemazione idraulica con finanziamenti pubblici, senza peraltro trascurare gli indirizzi giurisprudenziali derivanti dalle considerazioni formalizzate dal Giudice delle acque il quale, nel dispositivo della sentenza del Tribunale Superiore delle Acque Pubbliche n.91/04, ha escluso che, a partire dalla demanialità delle acque, si possa attrarre al demanio anche il canale contenitore la cui demanialità è definita dal primo e secondo comma dell'art. 822 del C.C.;

VERIFICATA la documentazione prodotta, da cui emerge che lo studio è stato svolto seguendo sostanzialmente i criteri e gli indirizzi stabiliti con D.G.R. n. 13950/2003 ed individuati nell'allegato B) che sostituisce integralmente l'allegato B) della d.g.r. 7868/02, in particolare:

- a) Individuazione e descrizione dei corsi d'acqua ascrivibili al Reticolo Idrico di competenza comunale;
- b) Individuazione dei corsi d'acqua costituenti la rete irrigua principale;
- c) Indicazione delle fasce di rispetto;
- d) regolamento di polizia idraulica;

CONSTATATO che il Comune di Casaleggio Vaprio non risulta interessato da corsi d'acqua ascritti al Reticolo Idrico Principale di competenza regionale così come individuati all'allegato A della d.g.r. 01/10/2008 n. 8127 che sostituisce l'elenco di cui all'allegato A della d.g.r. n. 13950/2003;

Il decreto 19/08/1988 con il quale il Ministero dei Lavori Pubblici nell'approvare lo schema del 5° elenco complementivo delle acque pubbliche della provincia di Cremona, prendeva atto dell'avvenuta radiazione della roggia Alchina dall'elenco principale delle acque pubbliche della provincia di Cremona disposta con decreto del Presidente della Repubblica 16/9/1950, n. 4978;

PRESO ATTO che la rielaborazione del Reticolo Idrico Minore vede tuttavia confermata ed individuata nel detto reticolo la sola roggia Alchina, peraltro già iscritta nel precedente Reticolo Idrico di competenza comunale per il suo carattere sovracomunale, con l'attribuzione, in deroga a quanto previsto dall'art. 96 del R.D. 523/1904, di una fascia di rispetto di m. 20, ridotta a m. 15 per i tratti interni all'area urbanizzata o di edificato significativo;

ATTESO che è facoltà dell'Ente, nell'ambito dei suoi poteri di programmazione e governo del territorio, proporre l'inserimento di corsi d'acqua al di là degli obblighi previsti dalla normativa vigente, individuando per gli stessi le relative fasce di rispetto;

RITENUTO che l'attività di Polizia Idraulica possa essere esercitata anche in regime di convenzione con i Consorzi che già operano e gestiscono gli acquedotti ascritti al Reticolo Idrico Minore;

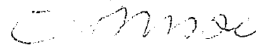
VALUTATO lo studio nel suo complesso, per quanto di competenza ed ai soli fini dell'individuazione del reticolo idraulico minore e della relativa parte normativa, sostanzialmente compatibile con le indicazioni delle d.g.r. in oggetto;

PARERE

fatto salvo, per quanto sopra rappresentato, il processo di partecipazione nei confronti di soggetti ed enti eventualmente portatori di interessi nella gestione delle acque (l. n.241/1990), **si esprime parere favorevole** alla sua adozione in forma di variante al vigente strumento urbanistico.

Cremona, 05/12/2011

Il Dirigente
Dott.ssa Enrica Gennari



Referenti

Claudio Guarnieri (Tel. 0372/485305)
e-mail claudio_guarnieri@regione.lombardia.it
Chiara Francia (Tel. 0372485324)
e-mail catasto_ui_CR@regione.lombardia.it

PIANO DI GESTIONE DEI RISCHI DI ALLUVIONI (PGRA)

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), predisposto in attuazione del D.lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE (cosiddetta "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 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 30 del 6 febbraio 2017).

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", individuate le "Aree a Rischio Significativo (ARS)" 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. La delimitazione e la classificazione delle aree allagabili sono contenute nelle mappe di pericolosità, la classificazione del grado di rischio al quale sono soggetti gli elementi esposti è rappresentata nelle mappe di rischio. Le mappe di pericolosità e rischio contenute nel PGRA rappresentano un aggiornamento e integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli Elaborati del PAI.

Il Piano di Gestione del Rischio di 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.

Con riferimento alla D.G.R. 19 giugno 2017 - n. X/6738 "*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*", **nel territorio comunale di CASALETTO VAPRIO non risultano aree allagabili per i diversi scenari di pericolosità previsti:**

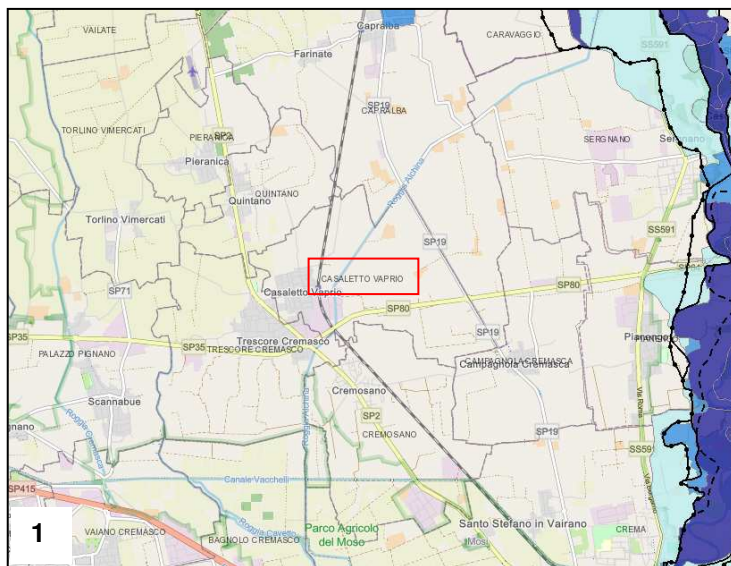
- P3 (H nella cartografia), o aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (TR 20-50 anni),
 - P2 (M nella cartografia), o aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (TR 100-200 anni),
 - P1 (L nella cartografia), o aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (TR fino a 500 anni),
- relativamente agli "ambiti territoriali" pertinenti:
- Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP),
 - Reticolo secondario di pianura naturale e artificiale (RSP).

Pertanto **il territorio comunale di CASALETTO VAPRIO non è interessato dalle mappe di rischio** che classificano secondo 4 gradi di rischio crescente (R1 - rischio moderato o nullo, R2 - rischio medio, R3 - rischio elevato, R4 - rischio molto elevato) gli elementi che ricadono nelle aree allagabili.

Inoltre, il Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), adottato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po con Deliberazione del Comitato Istituzionale 26 Aprile 2001, n. 18, **non inserisce alcuna fascia fluviale relative ai corsi d'acqua principali nel territorio di CASALETTO VAPRIO**. Le prime aree coinvolte sono presenti non meno di 2,5 km ad est del confine comunale lungo l'asta del fiume Serio.

Vengono proposti due estratti della cartografia del **PGRA attualmente vigente** (da: Geoportale della Regione Lombardia) in cui sono riportate (Fig. 8-9):

- le aree allagabili con diversi scenari di pericolosità sovrapposte alle fasce fluviali del PAI.
- le aree con diverse condizioni di rischio sovrapposte alle fasce fluviali del PAI.



Estratto Carta Pericolosità - PAI (Fig. 8)

Fonte: Geoportale Regione Lombardia

PAI Vigente Limite Fascia A Limite Fascia B Limite Fascia B di progetto Limite Fascia C

Pericolosità RP scenario frequente - H



Pericolosità RSCM scenario frequente - H



Pericolosità RSP scenario frequente - H



Pericolosità ACL scenario frequente - H



Pericolosità RP scenario poco frequente - M



Pericolosità RSCM scenario poco frequente - M



Pericolosità RSP scenario poco frequente - M



Pericolosità ACL scenario poco frequente - M



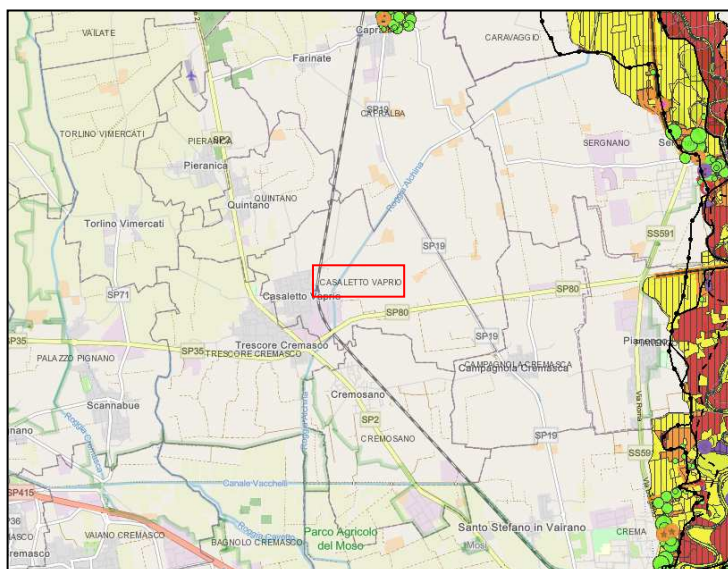
Pericolosità RP scenario raro - L



Pericolosità RSCM scenario raro - L



Pericolosità ACL scenario raro - L

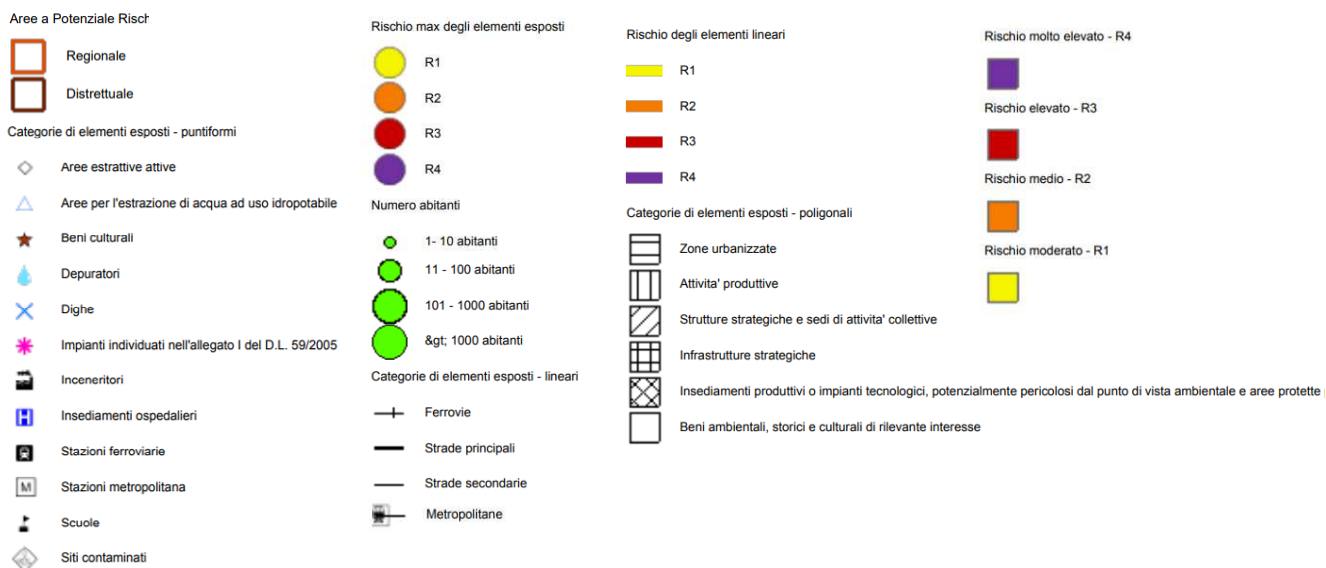


Estratto Carta Rischio - PAI (Fig. 9)

Fonte: Geoportale Regione Lombardia

PAI Vigente Limite Fascia A Limite Fascia B Limite Fascia B di progetto Limite Fascia C





Mancando i presupposti, non è stata predisposta una specifica tavola PAI-PGRA per il territorio comunale di CASALETTO VAPRIO.

Facendo riferimento all'Allegato 2 "Elenco comuni lombardi con l'indicazione degli ambiti territoriali di riferimento, della presenza di aree allagabili e della loro tipologia/origine" (vedi tabella seguente) il comune di Casaletto Vaprio rientra in ambito RSP dei comuni di pianura che, a suo tempo, non sono stati assoggettati all'obbligo di aggiornare l'Elaborato 2 del PAI da D.G.R. VII/7365/2001"; esso non è interessato da delimitazioni nelle mappe di pericolosità del PGRA.

Secondo la Delibera Giunta regionale 19 giugno 2017 - n. X/6738 valgono le seguenti prescrizioni.

3.3.4. Procedure di adeguamento degli strumenti urbanistici comunali

1) I Comuni che non sono interessati da delimitazioni nelle mappe di pericolosità del PGRA ma che ricadono nell'ambito territoriale RSP (riportati in Allegato 229) sono comunque tenuti entro e non oltre i termini stabiliti dall'art. 5 della l.r. 31/2014 per l'adeguamento del Piano di Governo del Territorio (PGT), a verificare l'eventuale presenza di aree allagabili sul proprio territorio comunale e a riportarle nella carta PAI-PGRA descritta nel seguito (Paragrafo 5. "La carta PAI – PGRA" e Allegato 5), recependo anche le aree individuate ai sensi del Regolamento di cui all'art. 7 della l.r. 4/2016. Questo anche ai fini dei successivi aggiornamenti del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni previsti con cicli sessennali.

COMUNE	PROVINCIA	CODICE ISTAT	AMBITO RP		AMBITO RSCM			AMBITO RSP				AMBITO ACL		
			COMUNI CON AREE ALLAGABILI IN AMBITO RP	COMUNI CON FASCE FLUVIALI PAI VIGENTI	COMUNI CON AREE ALLAGABILI IN AMBITO RSCM	COMUNI TENUTI ALL'AGGIORNAMENTO DELL'ELABORATO 2 DEL PAI DA D.G.R. VI/7385/2001		AMBITO RSCM AREE ALLAGABILI DERIVANTI DA STUDI DI SOTTOBACINO IDROGRAFICO, EVENTI ALLUVIONALI RECENTI O SEGNALATE DA COMUNI (PARAGRAFO 3.2 DELLE DISPOSIZIONI)	AREE ALLAGABILI CORRISPONDENTI ALLE AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO DI TIPO IDRAULICO GIÀ PRESENTI NEL PAI (NORME TITOLO IV)	COMUNI APPARTENENTI NELL'AMBITO RSP (NON TENUTI ALL'AGGIORNAMENTO DELL'ELABORATO 2 DEL PAI DA D.G.R. VI/7385/2001)	COMUNI CON AREE ALLAGABILI IN AMBITO RSP	AREE ALLAGABILI TRATTE DAI PGT DEI COMUNI (S - CARA DI SINTESI, P - CARTA PAI)	SEGNALAZIONI DI AREE ALLAGABILI DA CONSORZI DI BONIFICA	AREE ALLAGABILI DA STUDI SOVRACOMUNALI
CASALBUTTANO ED UNITI	CR	19016							X	X		X		
CASALE CREMASCO - VIDOLASCO	CR	19017	X	X					X					
CASALE LITTA	VA	12036							X	X	S			X
CASALETTO CEREDANO	CR	19018	X	X					X					
CASALETTO DI SOPRA	CR	19019							X					
CASALETTO LODIGIANO	LO	98008	X	X					X					
CASALETTO VAPRIO	CR	19020							X					

ALLEGATO 2

Elenco comuni lombardi con l'indicazione degli ambiti territoriali di riferimento, della presenza di aree allagabili e della loro tipologia/origine

INVARIANZA IDRAULICA

La L.R. 4/2016 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” all'art. 7.1* (Invarianza idraulica, invarianza idrologica e drenaggio urbano sostenibile. Modifiche alla l.r. 12/2005) riporta che *“Al fine di prevenire e di mitigare i fenomeni di esondazione e di dissesto idrogeologico provocati dall'incremento dell'impermeabilizzazione dei suoli e, conseguentemente, di contribuire ad assicurare elevati livelli di salvaguardia idraulica e ambientale, gli strumenti urbanistici e i regolamenti edilizi comunali recepiscono il principio di invarianza idraulica e idrologica per le trasformazioni di uso del suolo...”*

Il Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 *“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)”*, all'art. 1.1 (Oggetto e ambito di applicazione) recita:

“Al fine di perseguire l'invarianza idraulica e idrologica delle trasformazioni d'uso del suolo e di conseguire, tramite la separazione e gestione locale delle acque meteoriche a monte dei ricettori, la riduzione quantitativa dei deflussi, il progressivo riequilibrio del regime idrologico e idraulico e la conseguente attenuazione del rischio idraulico, nonché la riduzione dell'impatto inquinante sui corpi idrici ricettori tramite la separazione e la gestione locale delle acque meteoriche non esposte ad emissioni e scarichi inquinanti, il presente regolamento definisce, in attuazione dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio), criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica e, in particolare, disciplina l'applicazione dei principi di invarianza idraulica e idrologica agli interventi di cui all'articolo 58 bis, comma 2, della l.r. 12/2005, con le specificità di cui all'articolo 3, nonché i criteri e i metodi per la disciplina, nei regolamenti edilizi, delle modalità per il conseguimento dell'invarianza idraulica e idrologica, ai sensi dell'articolo 58 bis, comma 4, della l.r. 12/2005”.

Invarianza idraulica: principio in base al quale le portate massime di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione, di cui all'articolo 58 bis, comma 1, lettera a), della l.r. 12/2005.

Invarianza idrologica: principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione, di cui all'articolo 58 bis, comma 1, lettera b), della l.r. 12/2005.

La suddivisione del territorio di Regione Lombardia in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori (R.R. n. 7/2017) inserisce il comune di CASALETTO VAPRIO in area B, ovvero a **media criticità idraulica**: *“aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, non rientranti nelle aree A e ricadenti, anche parzialmente, all'interno dei comprensori di bonifica e Irrigazione”.*

Gli scarichi nel ricettore sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso; per le aree B il valore massimo ammissibile (ulim), di cui al comma 3 dell'articolo 7, è pari a 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

In ogni caso, indipendentemente dall'ubicazione territoriale, sono assoggettate ai limiti indicati nel presente regolamento per le aree A di cui al comma 3, anche le aree lombarde inserite nei PGT comunali come ambiti di trasformazione o anche come piani attuativi previsti nel piano delle regole. Pertanto, il limite massimo ammissibile per le aree A, di cui al comma 3 dell'articolo 7, diviene: 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento (rif. art. 8).

I comuni ricadenti nelle aree ad alta e media criticità idraulica (come CASALETTO VAPRIO), di cui all'articolo 7 del R.R. n. 7/2017, sono tenuti a redigere lo Studio comunale di gestione del rischio idraulico di cui al comma 7. Inoltre, nelle more della redazione di tale studio, redigono il documento semplificato del rischio idraulico comunale, con i contenuti di cui al comma 8.

Sia lo Studio comunale di gestione del rischio idraulico che il documento semplificato del rischio idraulico comunale contengono la rappresentazione delle attuali condizioni di rischio idraulico presenti nel territorio comunale e delle

conseguenti misure strutturali e non strutturali atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle suddette condizioni di rischio. Gli esiti dello Studio comunale di gestione del rischio idraulico devono essere recepiti nel PGT approvato ai sensi dell'articolo 5 comma 3 della L.R. 31/2014. A tal fine, il comune:

- a) inserisce la delimitazione delle aree soggette ad allagamento, di cui al comma 7, lettera a), numero 2, e al comma 8, lettera a), numero 1, nella componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT;
- b) inserisce le misure strutturali di cui al comma 7, lettera a), numeri 5 e 6, nel piano dei servizi.

Infine, il regolamento edilizio comunale deve recepire la disciplina del principio di invarianza idraulica e idrologica che riguarda tutti gli interventi edilizi elencati nel R.R. n. 7/2017 e s.m.i.

AREE VULNERABILI DA UN PUNTO DI VISTA IDRAULICO

Con riferimento a quanto sopra riportato, pur essendo ampiamente trascorsi i termini previsti dal suddetto R.R. n. 7/2017 per la sua presentazione, il Comune di Casaletto Vaprio ha incaricato il dott. ing. Paolo Gazzoli della predisposizione del Documento semplificato del rischio idraulico comunale (DoSRI) per una “prima fase conoscitiva” volta all’individuazione delle principali criticità idrauliche, propedeutica al successivo *Studio comunale di gestione del rischio idraulico*, e delle misure strutturali e non strutturali di massima atte al controllo e possibilmente anche alla riduzione delle condizioni di rischio ad esse connesse.

Il DoSRI ha tenuto conto delle risultanze e dei contenuti dei seguenti studi/analisi:

- aggiornamento dello studio della Componente geologica, idrogeologica e sismica nell'ambito della variante generale al PGT (a firma dello scrivente),
 - progetto di completamento della rete fognaria nel comune di Casaletto Vaprio predisposto dal gestore del servizio PADANIA ACQUE S.P.A. (2021),
 - aggiornamento dello studio del Reticolo Idrico Minore di pertinenza del comune di Casaletto Vaprio e del Regolamento di polizia idraulica (Studio AGRITER, 2011),
- e delle informazioni raccolte presso l'Ufficio tecnico comunale e presso i regolatori di alcuni consorzi irrigui che hanno in gestione la rete irrigua principale.

Nell’ultimo decennio il territorio comunale di Casaletto Vaprio è stato colpito da eventi meteorici anche piuttosto intensi che hanno determinato allagamenti (con battente d’acqua anche di 40-50 cm) localizzati soprattutto nelle zone più depresse del centro abitato e nel settore meridionale dello stesso.

Le foto 1-2 si riferiscono, ad esempio, agli allagamenti avvenuti all’incrocio fra via Roma e via Speranza a seguito dell’evento del 21.10.2019 caratterizzato da 78,80 mm di pioggia e da un picco cumulato di 62,6 mm in 5 h (fonte: stazione meteo di Crema).



Ortofoto: incrocio fra via Roma e via Speranza a Casaletto Vaprio



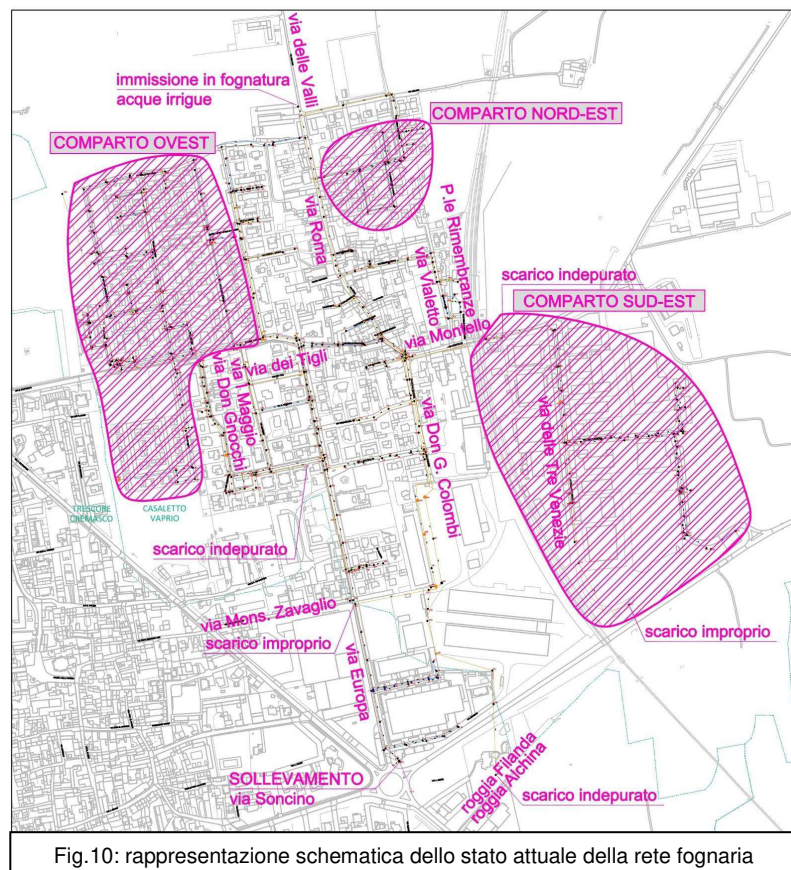
Foto 1-2: allagamento all'incrocio fra via Roma e via Speranza (21.10.2019)



Una grossa responsabilità è imputabile ad una rete fognaria vecchia e strutturalmente inadeguata.

Infatti, secondo la documentazione tecnica e cartografica che compone il *Progetto di completamento e miglioramento della rete fognaria nel comune di Casaletto Vaprio* (PADANIA ACQUA S.P.A., 31.08.2021), l'attuale impianto fognario è un sistema di tipo separato per i comparti ovest ed est, mentre di tipo misto con una predisposizione a valle per la separazione per il comparto centrale (Fig. 10).

In quest'ultimo settore, costituito dal centro storico del paese, la rete esistente è costituita essenzialmente da tombinature di coli irrigui che attualmente raccolgono le acque miste e di cui lo stesso gestore del servizio, durante il rilievo per la sua mappatura, non è riuscito a ricostruire esattamente il tracciato e tantomeno lo stato manutentivo.



È comunque risultata una **situazione problematica**, anche per bassi tempi di ritorno - concentrata soprattutto lungo il percorso tra le vie Roma, Don Colombi, delle Brede fino allo scarico in corrispondenza delle rogge Filanda e Alchina - da attribuirsi, oltre che ad una generale insufficienza, anche ad altre cause quali:

- l'immissione di acque improprie, provenienti da rogge e, presumibilmente, dalla falda (molto prossima al p.c. in tutto il territorio comunale);
- la presenza di due sifoni, non mantenuti;
- la presenza di un manufatto con una paratoia allo sbocco;
- condotti in contropendenza, che richiedono una manutenzione accurata al fine di evitare la presenza di sedimenti che producono la parzializzazione della sezione.

Attraverso un'analisi qualitativa delle testimonianze e dei dati disponibili, il Documento semplificato del rischio idraulico comunale a firma dell'ing. Paolo Gazzoli (protocollo n. 858 del 7.02.2022) ha individuato entro il centro abitato le aree più vulnerabili, frequentemente allagate/allagabili in occasione di eventi meteorici di una certa intensità.

Non sono state assegnate classi di pericolosità e di rischio idraulico ai sensi della Direttiva Alluvioni (Direttiva 2007/60/CE), per le quali si rimanda al prossimo Studio comunale di gestione del rischio idraulico.

L'insufficienza della locale rete fognaria determina problematiche evidenti soprattutto:

- nella zona centrale dell'abitato di Casaletto Vaprio, all'incrocio fra via Roma e via Speranza (Foto 1-2),
- nel settore sud, in prossimità delle rogge Alchina e Filanda, dove i tecnici di PADANIA ACQUE S.P.A. hanno riscontrato anche un'interruzione della condotta fognaria per circa 6 m, con cambio di diametro da D1000 a D800 mm (Foto 3). Non è chiara se durante gli eventi meteorici, in particolare quelli più intensi, sia presente una corrente in arrivo anche da altre fonti, oppure se si comporti da semplice invaso / espansione per la portata proveniente dalla fognatura.

Avendo notato durante i sopralluoghi effettuati materiali residui di reflui fognari depositati, si ipotizza che il livello dell'acqua in alcune occasioni abbia superato il livello dei cieli delle condotte.



Foto 3

Inoltre, sono da segnalare anche:

- l'elevata impermeabilizzazione del suolo nell'area industriale a sud e sud-est, delimitata da rilevati ferroviari e stradali che ostacolano lo smaltimento delle ondate di piena favorendo piuttosto l'accumulo delle acque (al riguardo si ricorda che nel territorio comunale è esclusa o comunque molto impedita la possibilità di drenare nel sottosuolo le acque in eccesso a causa della presenza di una falda freatica superficiale o addirittura subaffiorante);
- le aree lungo il confine nord-ovest e ovest con Trescore Cremasco dove si possono verificare fenomeni di rigurgito per la difficoltà di immissione delle acque incanalate nel recapito a valle.

Il Progetto esecutivo di completamento della rete fognaria nel comune di Casaletto Vaprio predisposto da PADANIA ACQUE S.P.A. (2021) si prefigge il miglioramento delle attuali condizioni generali e anche la soluzione del problema degli scarichi indepurati.

A tal fine, prevede:

- la chiusura di bocchelli per l'eliminazione delle acque improprie provenienti da rogge,
- il rifacimento di parte delle condotte per garantire l'impermeabilizzazione, la continuità delle pendenze, l'eliminazione delle contropendenze,
- l'eliminazione del sifone presente tra le proprietà ad oggi "Saver" e "Prepack",
- l'eliminazione della paratoia allo sbocco,
- l'eliminazione delle acque (presumibilmente di sfioro) provenienti dal manufatto di sollevamento di via Manara,
- la realizzazione di due derivatori.

Tali interventi, oltre a migliorare l'efficienza della rete fognaria, permetteranno una più razionale gestione delle acque incanalate alleggerendo la pressione in ambito urbano e riducendo conseguentemente il rischio di allagamenti.

Le conclusioni del Documento semplificato del rischio idraulico comunale (a firma dell'ing. Paolo Gazzoli, feb. 2022) sono state recepite nel presente aggiornamento dello studio della Componente geologica, idrogeologica e sismica.

In particolare, le aree vulnerabili da un punto di vista idraulico sono state evidenziate sulla Carta di Sintesi (TAV. 5 in scala 1:5.000).

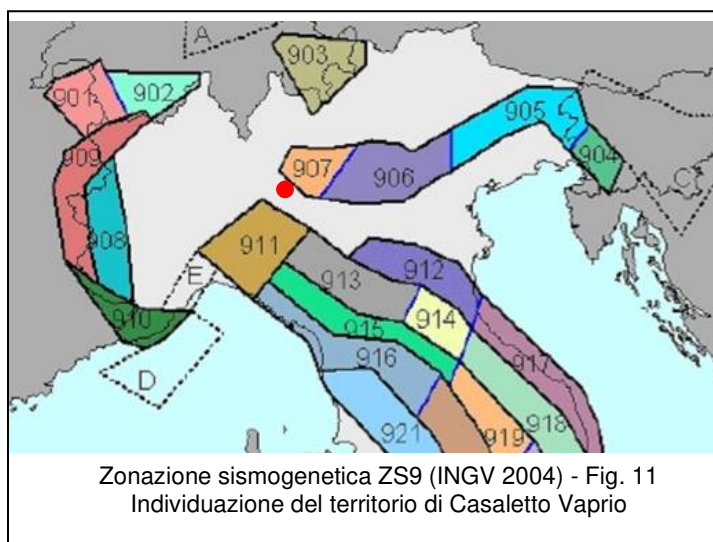
Ad esse è stata assegnata specifica classe di fattibilità sulla *Carta di Fattibilità geologica delle azioni di piano* (TAV. 6 in scala 1:5.000).

INQUADRAMENTO SISMICO

L'analisi della sismicità intesa come distribuzione spazio-temporale dei terremoti avvenuti nel tempo in una determinata area costituisce il primo tassello negli studi di valutazione della pericolosità sismica di base. Infatti, trattandosi di modelli probabilistici, le caratteristiche sismotettoniche e le modalità di rilascio dell'energia sismica nel passato consentono la messa a punto di modelli che descrivano l'attività sismica futura e dunque permettono di stimare i livelli di accelerazione attesi.

Secondo la **zonazione sismogenetica ZS9** - che individua aree omogenee caratterizzate da sorgenti in grado di generare terremoti e da una distribuzione spaziale uniforme degli eventi sismici (per zona sismogenetica si intende la presenza di strutture geologiche in grado di generare terremoti, le cosiddette "faglie capaci") - il territorio di Casaletto Vaprio non rientra in alcuna delle zone sismogenetiche.

La **ZS907** - relativamente vicina, circa 4 km a nord - include la parte più bassa delle province di Bergamo e Brescia (Fig. 11) ed è caratterizzata da una sismicità di energia normalmente medio-bassa con la sola eccezione del terremoto di Soncino del 1802 a cui viene assegnata una magnitudo Mw intorno a 5.9.



Nella seguente tabella sono evidenziate le principali caratteristiche delle zone sismogenetiche più prossime al territorio di Casaletto Vaprio, tra cui appunto la ZS907.

Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo

*a cura di C. Meletti e G. Valensise (marzo 2004)
con contributi di R. Azzaro, S. Barba, R. Basili, F. Galadini,
P. Gasperini, M. Stucchi e G. Vannucci*

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
901	18	15	2	4.0	8-12	8
902	34	25	2	3.8	8-12	10
903	23	19	2	4.5	8-12	9
904	13	9	1	3.4	5-8	7 *
905	181	110	32	4.8	5-8	8 *
906	41	34	13	4.7	5-8	8 *
907	33	19	7	4.2	5-8	8 *
908	495	128	25	3.7	8-12	10
909	263	94	9	4.1	8-12	10

(Md: magnitudo-durata; * giudizio esperto)

Ad integrazione della zonazione sismogenetica ZS9, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nell'ambito del Progetto DISS (Database of Individual Seismogenic Sources), ha realizzato un database che contiene dati relativi alle "sorgenti sismogenetiche individuali" ritenute responsabili di eventi sismici di magnitudo ≥ 5.5 .

Si tratta di faglie ritenute capaci di dislocarsi significativamente durante i grandi eventi sismici.

Il territorio di Casaletto Vaprio è compreso tra la sorgente individuale denominata **ITCS002** (Spinta esterna delle Alpi del sud occidentale profonda) a nord e la **ITCS115** (Western S-Alps spinta esterna poco profonda-ovest) a sud.

Entrambe le sorgenti composite appartengono al fronte di spinta più esterno delle Alpi Meridionali, S-vergente, sepolto nella pianura lombarda e sono state istituite nell'ambito della ricerca sviluppata nell'ambito del Progetto Europeo GeoMol. Ad esse viene assegnata una magnitudo massima M_w rispettivamente pari a 6.2 e 6.8 (Fig. 12).

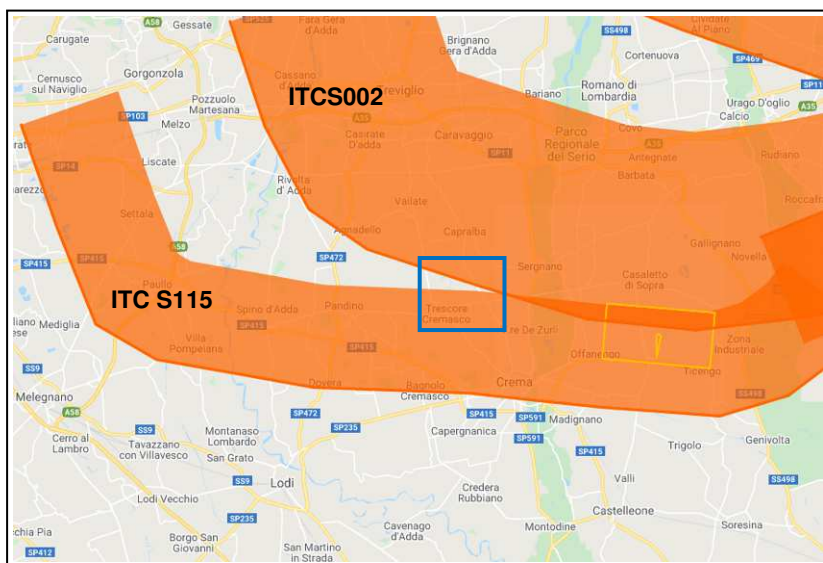


Fig. 12

Il 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., Antonucci A. (2021). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.3> - fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2019.

Dal DBMI15 sono state estrapolate le osservazioni macrosismiche relative alla vicina Crema, riportate nel grafico seguente (Fig. 13).

Nella tabella seguente sono elencate le osservazioni di maggiore intensità disponibili per le località più vicine al territorio comunale, per ognuna delle quali sono indicati:

- intensità al sito (Is),
- anno-mese-giorno-ora-minuto-secondo dell'evento
- intensità massima epicentrale in sala MCS (Io)
- magnitudo momento (M_w).

Il massimo evento sismico si è verificato con un'intensità VII della scala MCS con epicentro indicato genericamente nella Valle dell'Oglio.

Dalla consultazione dei cataloghi sismici redatti dall'Istituto di Geofisica e Vulcanologia per gli studi di pericolosità risulta che l'area cremasca, cui appartiene Casaletto Vaprio, è stata caratterizzata da eventi sismici piuttosto sporadici e di intensità massima rilevata di grado VII.

Crema

PlaceID IT_18743
Coordinate (lat, lon) 45.362, 9.686
Comune (ISTAT 2015) Crema
Provincia Cremona
Regione Lombardia
Numero di eventi riportati 17

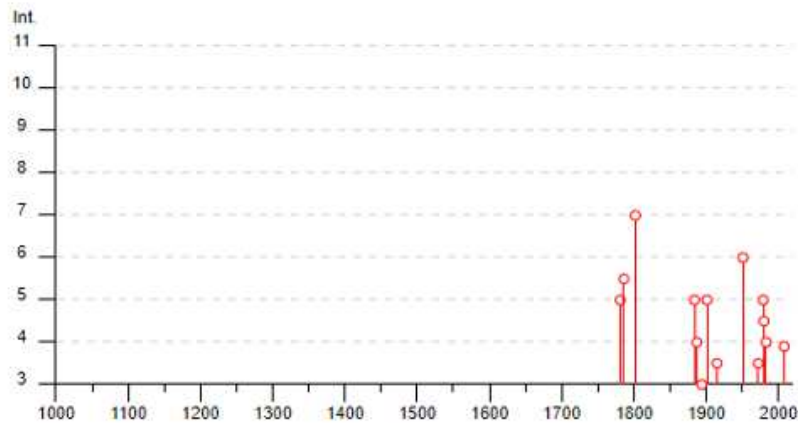


Fig. 13

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	📄	1781	09	10	11	30	Pianura lombarda	11	6-7	4.93
5-6	📄	1786	04	07	00	15	Pianura lombarda	10	6-7	5.22
7	📄	1802	05	12	09	30	Valle dell'Oglio	94	8	5.60
5	📄	1884	09	12	07	23	Pianura lombarda	34	6	4.70
4	📄	1887	02	23	05	21 50	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3	📄	1894	11	27	05	07	Bresciano	183	6	4.89
5	📄	1901	10	30	14	49 58	Garda occidentale	289	7-8	5.44
3-4	📄	1915	10	10	23	10	Reggiano	30	6	4.87
6	📄	1951	05	15	22	54	Lodigiano	179	6-7	5.17
2	📄	1960	03	23	23	10	Vallese	178	7	5.00
3-4	📄	1972	10	25	21	56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
5	📄	1979	02	09	14	44	Bergamasco	73	6	4.78
4-5	📄	1980	12	23	12	01 06	Piacentino	69	6-7	4.57
4	📄	1983	11	09	16	29 52	Parmense	850	6-7	5.04
NF	📄	1986	12	06	17	07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	📄	1995	10	29	13	00 2	Lago d'Iseo	408	5-6	4.35
F	📄	2008	12	23	15	24 2	Parmense	291	6-7	5.36

Infine, la Carta della Pericolosità Sismica del territorio nazionale riporta il valore dell'accelerazione orizzontale massima a_g che ha la probabilità di essere superato almeno una volta nei prossimi 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni): dall'estratto della Mappa di pericolosità sismica relativa alla Regione Lombardia si ricava che per il territorio di Casaletto Vaprio il valore di a_g atteso risulta compreso tra 0.075 e 0.100 g (Fig. 14).

A questo proposito viene presentato un estratto dell'elenco dei comuni 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 Decreto Min. Infrastrutture 14/01/08).

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	A_{gmax}
03019020	CR	CASALETTO VAPRIO	3	0,095784

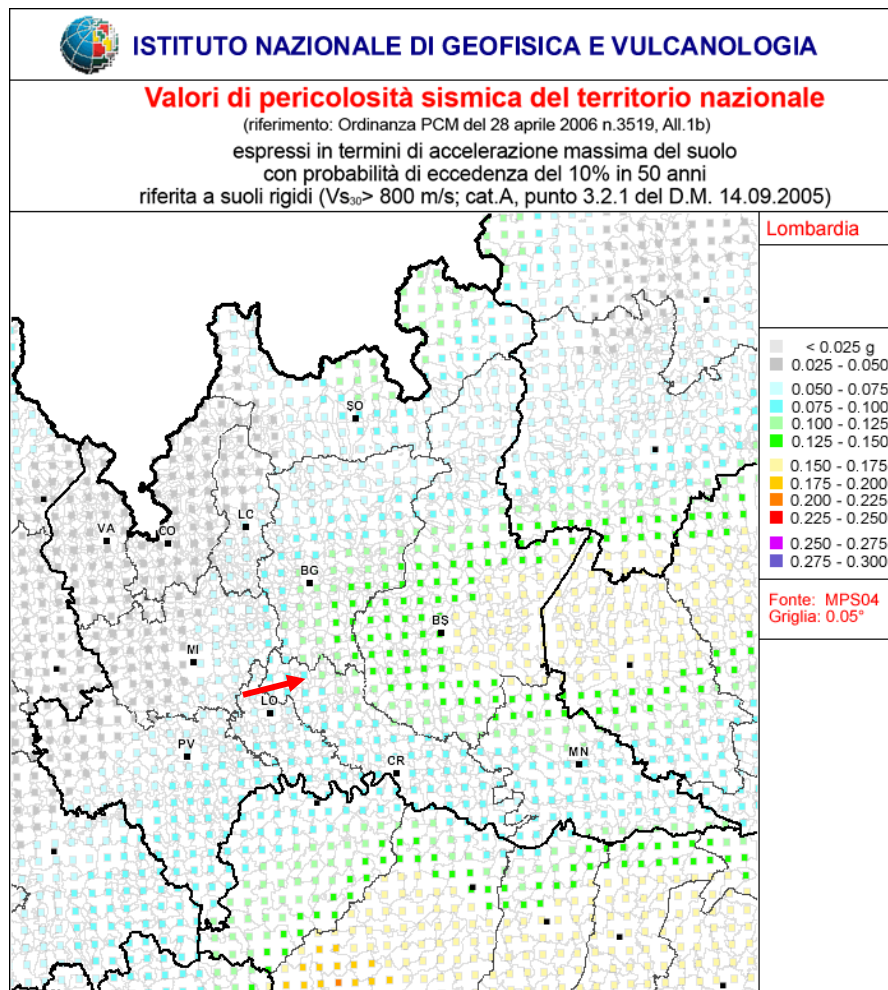


Fig. 14

CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Dal momento che la Variante generale al PGT di Casaletto Vaprio conferma (con riduzione) solo un ambito di trasformazione già previsto da quello attualmente vigente e non ne prevede di altri, non sono state effettuate nuove e specifiche indagini geofisiche in situ.

Per la caratterizzazione sismica del territorio in esame si è tenuto conto quindi delle indagini geofisiche pregresse - eseguite per rilevare la velocità delle onde di taglio (onde S) nel sottosuolo e per ricostruire il periodo naturale dei siti ed il fattore di amplificazione sismica - già a supporto dello studio della "Componente geologica, idrogeologica e sismica" redatto dal dott. geol. Giovanni Bassi nel 2008 ai sensi della D.G.R. 22.12.05 N. 8/1566 nell'ambito del Piano di Governo del Territorio vigente.

Ci si riferisce a tre prove sismiche mediante microtremori (v. Tabella) effettuate in data 20.12.2008 nel centro abitato di Casaletto Vaprio (Ortofoto).

LINEA	UBICAZIONE
Cav-1	a nord
Cav-2	a sud
Cav-3	ad ovest



L'analisi mediante microtremori è stata eseguita utilizzando strumentazione per la prospezione sismica a rifrazione, con stendimenti lineari da 24 geofoni, con frequenza naturale di 4.5 Hz, spaziatati di 5 metri.

Solo nel caso della linea Cav-2, lo stendimento è stato effettuato con spaziatura 4 metri a causa di limitazioni negli spazi verdi liberi.

Per ogni linea sono state effettuate 10 registrazioni di 30 secondi l'una, con frequenza di campionamento 0,006 secondi. In questo modo si possono registrare onde di superficie il cui contenuto in frequenza oscilla in un range da 25-30 Hz fino a 4-6 Hz che, in condizioni ottimali, offre una dettagliata ricostruzione dell'andamento delle Vs.

La profondità d'indagine è in gran parte funzione della lunghezza dello stendimento e della frequenza dei geofoni e corrisponde generalmente al 25-40% di tale lunghezza.

Nel caso in oggetto la profondità massima può variare tra 30 e 50 m.

Il profilo verticale delle Vs può essere ricavato per inversione o per modellizzazione diretta della velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh e/o Love).

Le onde di Rayleigh costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione (P) e di taglio verticali (Sv).

In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo guidato e dispersivo, e vengono definite pseudo-Rayleigh.

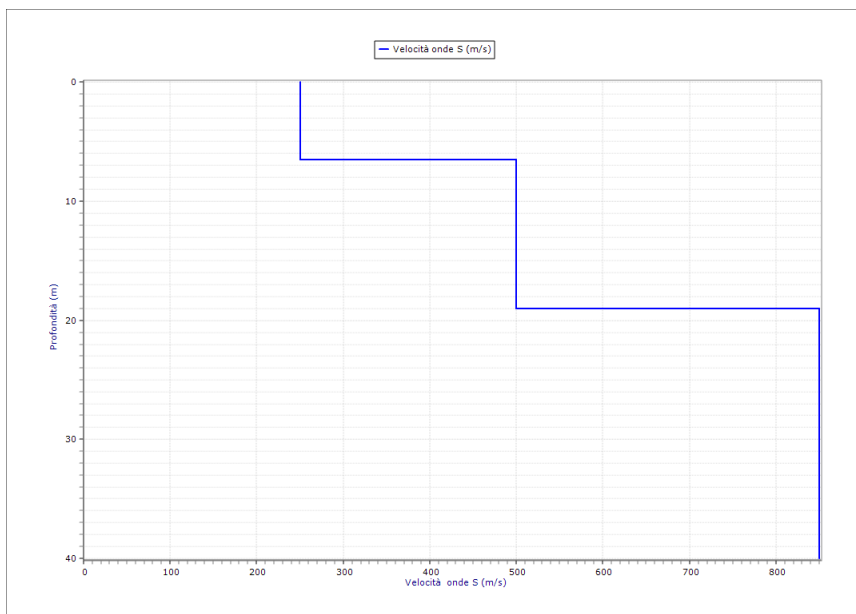
La dispersione è una deformazione di un treno d'onde dovuta ad una variazione di propagazione di velocità con la frequenza.

Le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore e presentano normalmente velocità di fase più elevate.

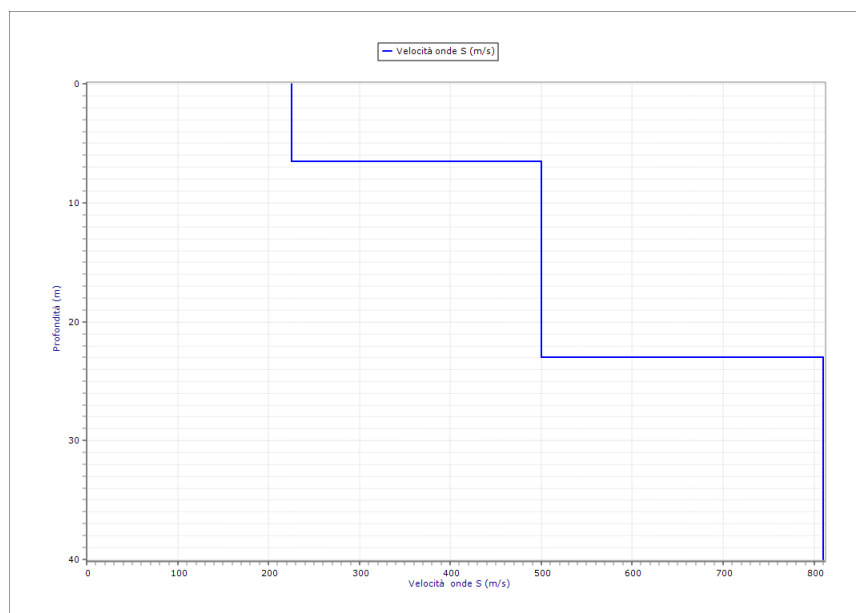
Nella tabella seguente sono riportati le profondità (H) e le velocità (Vs) dei singoli sismografi rinvenuti.

Linea	Strato 1		Strato 2		Strato 3	
	H1	Vs1	H2	Vs2	H3	Vs3
Cav-1	6,5 m	250 m/s	19 m	500 m/s		850 m/s
Cav-2	6,5 m	225 m/s	23 m	500 m/s		810 m/s
Cav-3	6,0 m	230 m/s	17 m	500 m/s		800 m/s

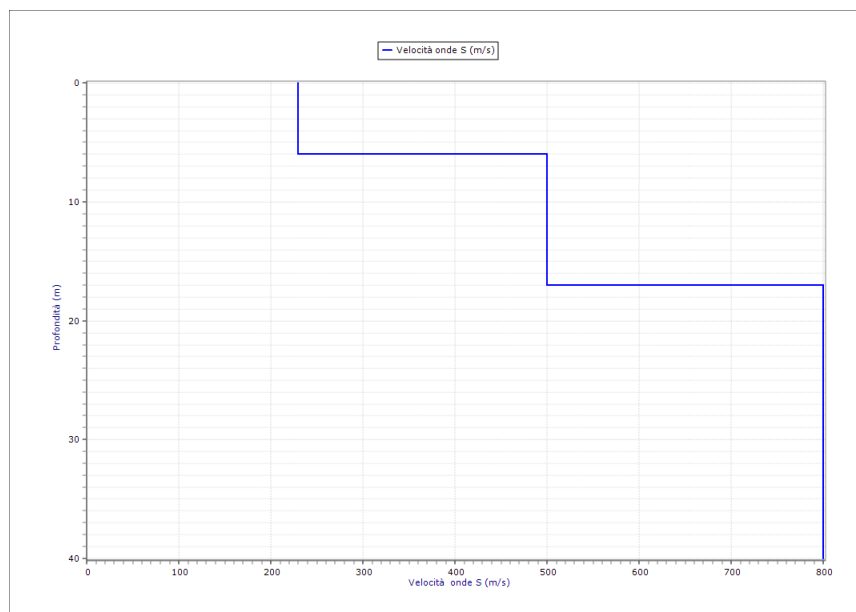
Di seguito sono allegati, per ogni linea, i modelli di velocità delle onde S, gli spettri di frequenza e le curve di dispersione e picking.



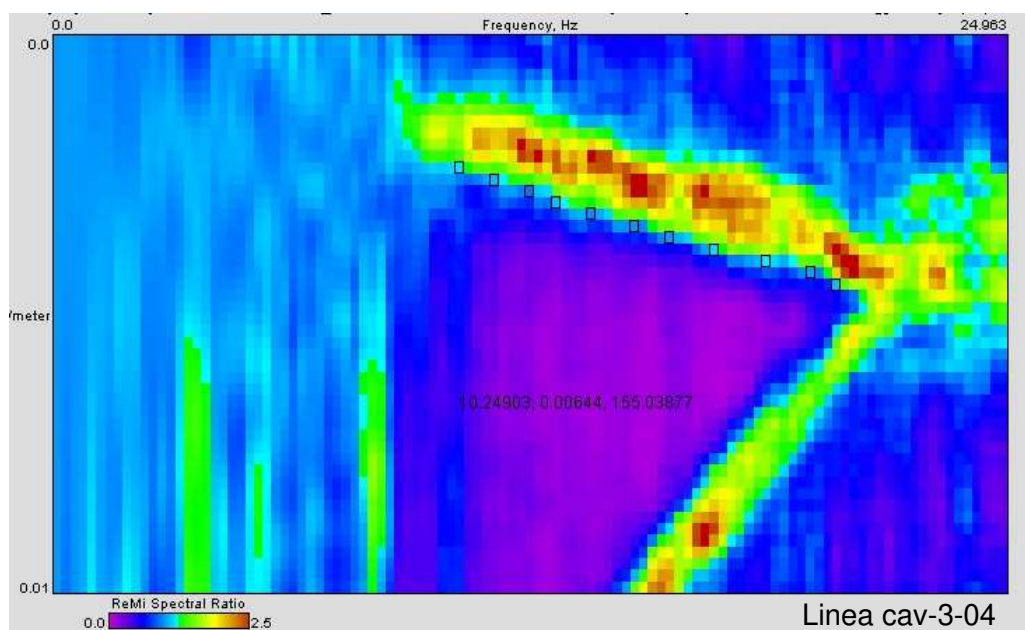
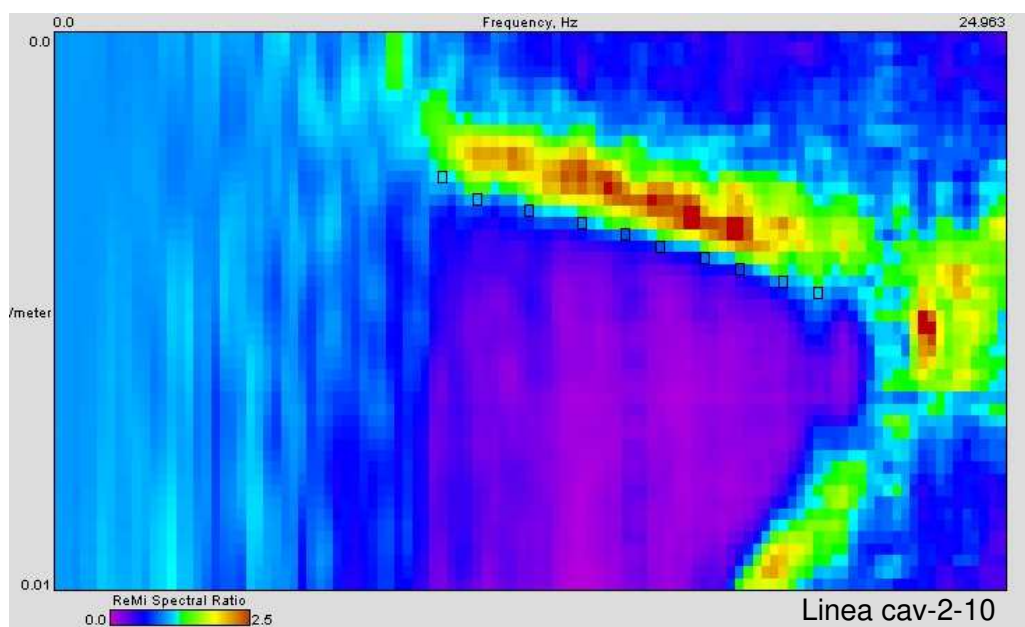
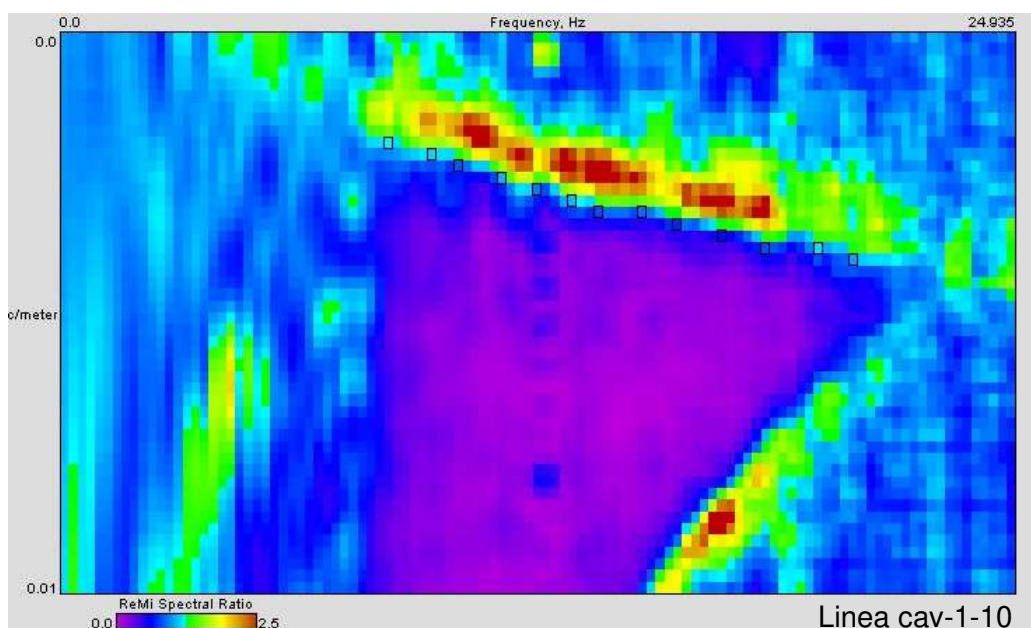
CAV-1

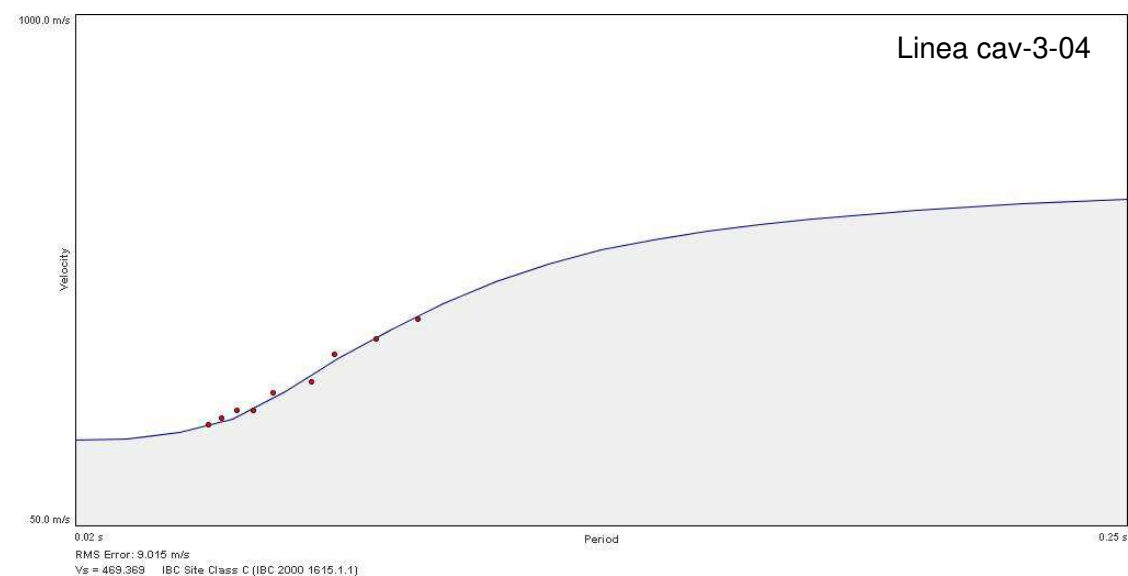
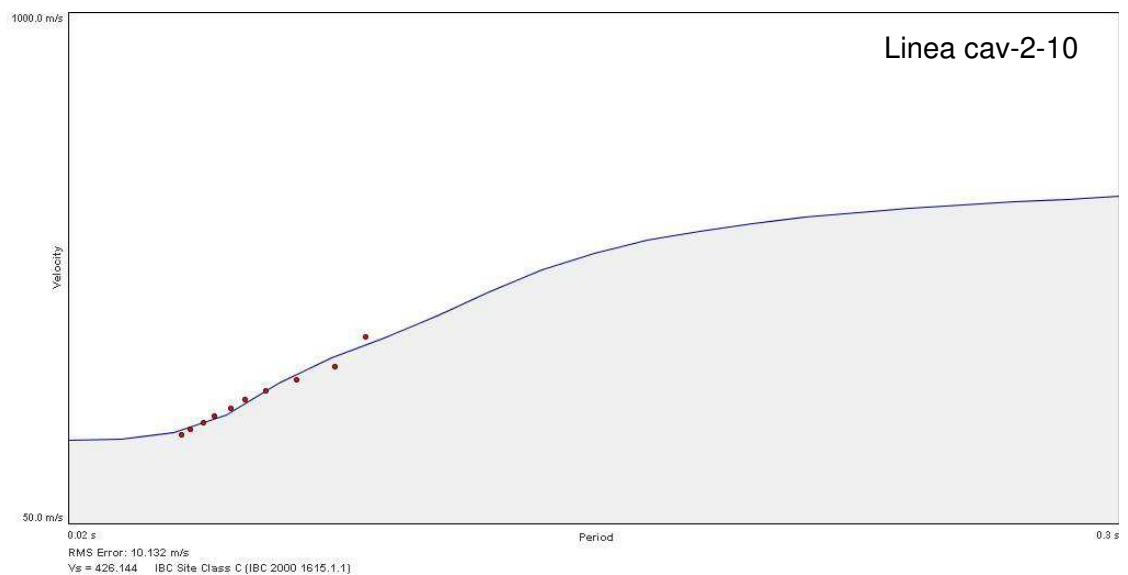
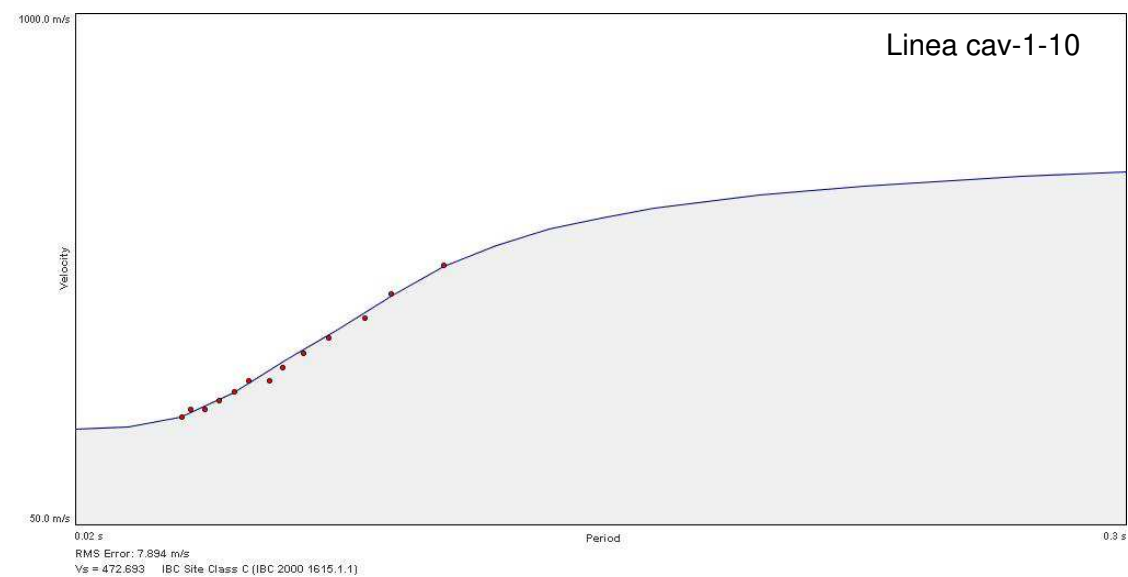


CAV-2



CAV-3





CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO

Ai sensi del D.M. 17.01.2018 per la classificazione del sottosuolo è stato utilizzato un approccio semplificato che si basa sulle condizioni stratigrafiche e sui valori della velocità equivalente di propaga propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s).

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

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

ove h_i = spessore in metri dello strato i -esimo, $V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, N = n° di strati, H = profondità del substrato caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.

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

La tabella seguente riassume i risultati di tali prove ai sensi: in base ai valori di velocità media delle $V_{s,eq}$ ($\approx$ p.c.) si sono ricavate categorie B/E di suolo di fondazione ai sensi del D.M. 17.01.2018 (NTC vigenti).

Linea	Ubicazione	V_{s30}	Categoria suolo (NTC)
Cav-1	nord	373 m/s	B
Cav-2	sud	372 m/s	B
Cav-3	ovest	354 m/s	E

Categoria B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
Categoria E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Altre indagini geofisiche effettuate per soggetti privati nel territorio comunale hanno di fatto confermato le categorie di suolo suddette.

ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

L'analisi della pericolosità sismica locale si è basata sui contenuti della Deliberazione di Giunta regionale 30 novembre 2011 – n. IX/2616 "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.

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi che devono essere considerati nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area. Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; da qui la necessità di giungere ad una corretta identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area.

In funzione delle caratteristiche del terreno presente si distinguono due grandi gruppi di effetti locali: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità.

La descrizione di questi ultimi viene tralasciata perché non pertinente con il territorio indagato.

Effetti di sito o di amplificazione sismica locale: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle 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 particolari condizioni locali.

Essi si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- gli 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.

CLASSIFICAZIONE SISMICA

La D.G.R. 11 luglio 2014, n. X/2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. d)" ha provveduto all'aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Lombardia.

Come tutti quelli della Provincia di Cremona, il Comune di Casalezzo Vaprio rientra in zona sismica 3.

La normativa tecnica associata alla nuova classificazione sismica ed alla progettazione antisismica è regolata dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" con riferimento a quelle approvate con il D.M. 14 gennaio 2008 e dalla Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni» di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO

Nell'Allegato 5 della suddetta D.G.R. 30.11.2011 n. IX/2616 è riportata la metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, in adempimento a quanto già previsto dal D.M. 14.01.2008, dalla D.G.R. n. 14964 del 7.11.2003 e dal D.d.u.o. n. 19904 del 21.11.2003.

Essa si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia, i cui risultati sono contenuti in uno "Studio-Pilota" redatto dal Politecnico di Milano – Dip. di Ingegneria Strutturale, disponibile sul Portale istituzionale della Regione Lombardia (www.regione.lombardia.it) nella sezione Territorio e urbanistica – Difesa del Territorio – Componente geologica nella pianificazione.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento, in funzione della zona sismica di appartenenza e degli scenari di pericolosità sismica locale di seguito definiti.

Si specifica a questo proposito che, ai sensi già del D.M. 14 gennaio 2008, la determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione non è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, secondo i valori riportati nell'Allegato B al citato D.M.

La suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell'OPCM 3274/03) individua unicamente l'ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria.

I livelli di approfondimento sono di seguito definiti:

- 1° livello: riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti. Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale (e lineare per gli scenari Z3a, Z3b e Z5) delle diverse situazioni tipo, riportate nella Tabella 1 dell'Allegato 5, in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale - PSL).

- 2° 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).

L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore.

Il 2° livello è obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, negli scenari PSL, individuati attraverso il 1° livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.

Nella tabella sono riportati gli adempimenti in funzione della zona sismica di appartenenza.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Tabella

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (zone Z1 e Z2 della Tabella 1 dell'Allegato 5) non è prevista l'applicazione degli studi di 2° livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello.

Non è necessaria la valutazione quantitativa al 3° livello di approfondimento dello scenario inerente alle zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (zone Z5), in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo. Nell'impossibilità di ottenere tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio.

- 3° livello: definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. Al fine di poter effettuare le analisi di 3° livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati, rese disponibili sul Geoportale della Regione Lombardia, il cui utilizzo è dettagliato nell'Allegato 5. Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

- quando, a seguito dell'applicazione del 2° livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5);

- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (zone Z1e Z2), nelle zone sismiche 2 e 3 per tutte le tipologie di edifici, mentre in zona sismica 4 nel caso di costruzioni di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003, ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre

categorie di edifici. Nel caso di sovrapposizione di più scenari sul medesimo ambito territoriale si dovrà procedere con il grado di approfondimento più cautelativo.

Gli approfondimenti di 2° e 3° livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

Le aree a pericolosità sismica locale individuate devono essere riportate nella carta di fattibilità con appositi retini "trasparenti", distinguendo quelle con F_a maggiore al valore soglia comunale da quelle con F_a minore. Tale sovrapposizione non comporta quindi un automatico cambio di classe di fattibilità ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dal D.M. 17 gennaio 2018, oppure dove sia necessario realizzare preventivamente gli studi di 3° livello, fermo restando la possibilità di utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la categoria di suolo superiore.

L'obbligo di eseguire gli approfondimenti di 3° livello deve essere inserito nella normativa di ciascuna delle classi di fattibilità interessate.

Analisi di 1° livello

Per quel che riguarda l'approfondimento sismico di primo livello, esteso all'intero territorio comunale di Casale Vaprio e volto al riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica locale sulla base della cartografia di inquadramento e dei dati esistenti, si è tenuto conto delle risultanze dello studio della "Componente geologica, idrogeologica e sismica nell'ambito del Piano di Governo del Territorio" redatto dal dott. geol. Giovanni Bassi nel 2008 ai sensi della D.G.R. 22.12.05 N. 8/1566.

In base alle caratteristiche geomorfologiche, litostratigrafiche, piezometriche e geotecniche dei terreni superficiali erano stati individuati due scenari di pericolosità sismica locale PSL:

SIGLA	SCENARIO DI PSL	EFFETTI
z2	zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati terreni granulari fini con falda superficiale)	cedimenti e/o liquefazioni
z4a	zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	amplificazione litologiche e geometriche

In particolare, lo scenario z2 era stato assegnato alle aree con scarsa soggiacenza della falda superficiale e caratteristiche geotecniche scadenti dei primi metri dei terreni (unità geomorfologica e geotecnica 1) mentre lo scenario z4a alle rimanenti porzioni del territorio comunale, senza sovrapposizioni.

L'Allegato 5 della D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616 ha parzialmente aggiornato l'elenco dei possibili scenari di pericolosità sismica locale, suddividendo lo scenario z2 in:

Sigla	Scenario di PSL	Effetti
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

SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE z4a

Lo scenario di pericolosità sismica locale PSL z4a deve essere assegnato a tutte le aree di pianura che presentano depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi i quali, in seguito a sollecitazioni sismiche, sono caratterizzati da fenomeni di amplificazione sismica legati alle loro particolari caratteristiche litologiche e geometriche.

Detti depositi, in funzione delle caratteristiche tessiturali e geomeccaniche e dei rapporti stratigrafici intercorrenti tra le differenti unità litologiche e tra queste ed il substrato, possono generare una variazione nell'ampiezza e nella frequenza delle onde sismiche che provoca un'amplificazione locale dell'azione sismica trasmessa dal terreno in seguito a fenomeni di riflessione multipla, di interferenza, di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno, di

doppia risonanza tra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

Il territorio di Casaleggio Vaprio rientra interamente nel livello fondamentale della pianura (l.f.d.p.), formatosi per colmamento alluvionale nel corso dell'ultima glaciazione ("Wurmiana") e costituito da depositi pleistocenici fluviali e fluvioglaciali in prevalenza ghiaioso-ciottolosi.

Pertanto lo scenario di pericolosità sismica locale **PSL z4a viene esteso all'intero territorio comunale.**

SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE Z2a (CEDIMENTI)

All'interno di questo scenario ricadono i terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.) da un punto di vista geotecnico.

Questi terreni vengono classificati come "sismicamente instabili" in quanto, per lo sforzo di taglio indotto dall'azione sismica, possono dar luogo a cedimenti assoluti e differenziali a causa dell'improvvisa densificazione del terreno incoerente insaturo oppure per le scadenti proprietà geotecniche del materiale coesivo, sia saturo che insaturo.

Lo scenario di pericolosità sismica locale PSL z2a è stato confermato nelle aree già identificate con PSL z2, andandosi a sovrapporre allo scenario PSL z4a.

SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE Z2b - LIQUEFAZIONE

Con il termine "liquefazione" si definisce il fenomeno per cui un terreno incoerente saturo, sottoposto ad una sollecitazione sismica, assume un comportamento meccanico simile a quello dei liquidi, con l'annullamento quasi totale della sua resistenza al taglio in seguito ad un aumento istantaneo della pressione interstiziale dell'acqua presente nei vuoti intergranulari.

A parità di altre condizioni, esso si verifica con maggiore probabilità in materiali incoerenti sabbiosi e/o sabbioso limosi con elevato grado di saturazione e basso grado di addensamento, ossia bassa densità relativa D_r (%) ed elevato indice dei vuoti.

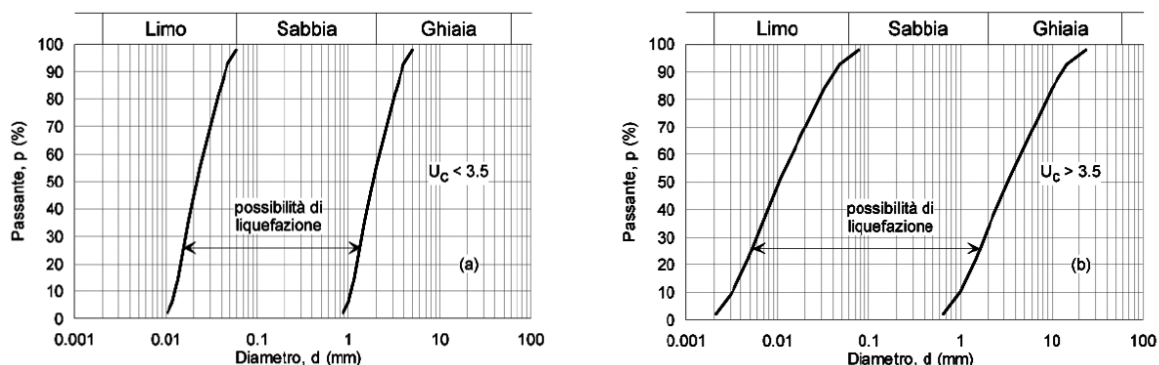
Tali terreni, dal punto di vista sismico, vengono classificati come "sismicamente instabili" in quanto, in seguito allo sforzo di taglio indotto dall'azione sismica, possono essere soggetti a liquefazione.

Per indurre la liquefazione di un terreno sono necessari non solo un forte sisma (sia in termini di magnitudo che durata) ma anche particolari condizioni litostratigrafiche, idrogeologiche e geomeccaniche dei terreni di fondazione.

Secondo le NTC 2018, la probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni (in questo caso la verifica a liquefazione può essere omessa).

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g. Il valore di accelerazione da prendere in considerazione è quello alla superficie e, secondo le indicazioni del D.M. 17.01.2018, vale $a_{gmax} = a_g \times S_s \times S_t$ dove: a_g = accelerazione sismica orizzontale su sito rigido ricavabile dall'Appendice B del D.M. 17.01.2018 in funzione delle coordinate geografiche del sito, S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_t = coefficiente di amplificazione topografica.
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali.
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Fig. (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.



Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione (Fig. a-b)

Alla luce di quanto suddetto, viene preliminarmente verificata la sussistenza o meno delle suddette “circostanze di esclusione” per il territorio di Casaleto Vaprio.

1) L'accelerazione massima attesa al piano campagna viene calcolata considerando i parametri riferiti allo Stato Limite Ultimo SLV, relativi alla categoria “C”, mediante la seguente relazione:

$$a_{gmax}(suolo) = a_g \times S_s \times S_t$$

dove:

a_g = accelerazione sismica massima attesa su suolo di riferimento rigido (Categoria A) con superficie topografica orizzontale, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (S.L.V.), corrispondente al valore di ancoraggio dello spettro di risposta elastico in accelerazione con $T = 0$ (T: periodo dell'oscillatore semplice); è espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g ;

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica;

S_t = coefficiente di amplificazione topografica.

Nel caso specifico, considerando i seguenti parametri $a_g = 0,095784$, $S_s = 1,5$, $S_t = 1$, il valore complessivo di accelerazione sismica orizzontale è risultato essere pari a 0,143 g.

2) I dati piezometrici locali evidenziano la presenza continua di una falda acquifera superficiale la cui soggiacenza dal p.c. è ≤ 2 m dal p.c. con rare eccezioni con valori di poco superiori ai 2 m.

3) Le numerose indagini geognostiche pregresse (sondaggi con escavatore, prove SCPT e CPT seppur di profondità non sempre significative) e le stratigrafie dei pozzi pubblici di Casaleto Vaprio hanno evidenziato caratteristiche geotecniche fortemente influenzate dalla bassa soggiacenza della falda e dal basso grado di addensamento del litotipo dominante nei primi metri da p.c., costituito da limo-sabbioso o da sabbie più o meno ghiaiose spesso poco addensate. Il substrato (prof. > 2 m circa) è costituito quasi uniformemente da ghiaie e sabbie addensate con ciottoli subordinati e rari passaggi più fini, limoso-sabbiosi.

4) Le caratteristiche litostratigrafiche locali, ricavate dall'esame soprattutto delle stratigrafie dei sondaggi e dei pozzi pubblici di Casaleto Vaprio, indicano la prevalenza di litotipi con granulometrie grossolane (ghiaie e sabbie dominanti).

Nel territorio di Casaleto Vaprio non sussistono a priori le “circostanze di esclusione”.

Per avere un'indicazione sul rischio di liquefazione terreni di fondazione sono state analizzate due prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H., rispettivamente a 10,8 e 11,1 m dal p.c., effettuate dal dott. geol. Giovanni Bassi nel 2008, la prima presso la roggia Ora, a sud-est di Fattoria S.Giovanni (PSL z2a/z4a) e la seconda presso la Scuola primaria Stefano Pavesi in via Roma (PSL z4a).

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto fra la resistenza alla liquefazione del terreno (CRR) e la sforzo di taglio ciclico indotto dal sisma (CSR):

$$F_s = CRR/CSR$$

La grandezza CSR dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto) mentre CRR è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente ad esempio tramite correlazioni con i risultati di prove penetrometriche.

Esistono procedure di calcolo semplificate per la determinazione del coefficiente di sicurezza minimo alle varie profondità, valide in condizione free-field e per aree sub-pianeggianti.

Un valore del fattore di sicurezza $F_s = 1$ corrisponde ad una condizione di equilibrio limite o di collasso incipiente mentre valori di $F_s > 1$ individuano condizioni caratterizzate da un certo margine di sicurezza rispetto al collasso.

Un valore di $F_s > 1.2$ può essere ritenuto indicativo di una condizione di stabilità.

Nel caso in esame, per la stima della resistenza alla liquefazione del terreno (CRR) è stato utilizzato il metodo di Boulanger & Idriss (2014) tramite il software *Liquef* (ProgramGeo).

La resistenza alla liquefazione CRR viene stimata con la seguente relazione:

$$CRR = \exp \left[\frac{N_{1,60cs}}{14.1} + \sqrt{\frac{N_{1,60cs}}{126}} - \left(\frac{N_{1,60cs}}{23.6} \right)^3 + \left(\frac{N_{1,60cs}}{25.4} \right)^4 - 2.8 \right]$$

Il parametro $N_{1,60}$ è il valore di N_{spt} normalizzato.

La grandezza CSR (sforzo di taglio indotto dal sisma) è funzione dell'accelerazione sismica orizzontale max in superficie e della magnitudo; essa è stata ricavata attraverso la relazione:

$$T = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} r_d \frac{1}{MSF}$$

dove:

a_{max} = accelerazione sismica massima; g = accelerazione di gravità = 980.7 cm/s²; σ_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.; σ'_{v0} = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.; r_d = coefficiente funzione della profondità dal p.c.; MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma, ricavabile con la relazione $MSF = (M/7.5)^{-3.3}$ se $M \leq 7.5$ o con la formula $MSF = 10^{2.24/M-2.56}$ se $M > 7.5$.

La grandezza r_d può essere valutata attraverso alcune correlazioni empiriche note in letteratura: nel caso specifico è stata utilizzata quella proposta da Boulanger & Idriss (2004):

$$\begin{aligned} r_d &= \exp(\alpha + \beta) \\ \alpha &= -1.012 - 1.126 \operatorname{sen} \left(\frac{h_{media}}{11.73} + 5.133 \right) \\ \beta &= M_w \left[0.106 + 0.118 \operatorname{sen} \left(\frac{h_{media}}{11.28} + 5.142 \right) \right] \end{aligned}$$

in cui M_w è la magnitudo momento del sisma di riferimento.

Il parametro correttivo MSF può essere ricavato, nel caso di prove penetrometriche, usando le relazioni di Boulanger & Idriss (2014):

dove:

$$MSF = 1 + (MSF_{max} - 1) \left(8.64 \exp\left(\frac{-M}{4}\right) - 1.325 \right)$$

$$MSF_{max} = 1.09 + \left(\frac{q_{C1Ncs}}{180} \right)^3 \leq 2.2 \quad MSF_{max} = 1.09 + \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{31.5} \right)^2 \leq 2.2$$

In base al valore dell'indice del potenziale di liquefazione IL si definiscono le seguenti classi di pericolosità (Sonmez, 2003):

IL = 0	Non liquefacibile
0 < IL ≤ 2	Potenziale basso
2 < IL ≤ 5	Potenziale moderato
5 < IL ≤ 15	Potenziale alto
15 < IL	Potenziale molto alto

Elaborando i dati acquisiti nelle due D.P.S.H. e tenendo conto dei dati sismici locali, l'indice potenziale di liquefazione è risultato IL = 0 (rischio da basso a molto basso) corrispondente a terreni non liquefacibili.

In base ai risultati ottenuti, non è stato considerato lo scenario PSL z2b.

Si ricorda che la vigente normativa nazionale (D.M. 17.01.2018) stabilisce chiaramente che, in fase di progettazione di nuove opere e nella valutazione della sicurezza di una struttura esistente (verifica del sistema di fondazione), deve essere verificata la stabilità del sito presso il quale è ubicato il manufatto nei confronti della liquefazione, che determina potenziali effetti di instabilità nei confronti delle strutture di fondazione e delle strutture in elevazione.

Sarà compito dei tecnici incaricati della programmazione delle indagini geognostiche e della progettazione degli interventi edificatori, sotto la loro responsabilità, valutare i parametri sismici dei siti di progetto e verificare la stabilità delle opere nei confronti della liquefazione, come imposto dalla vigente normativa.

Committente: Dr. Giovanni Bassi

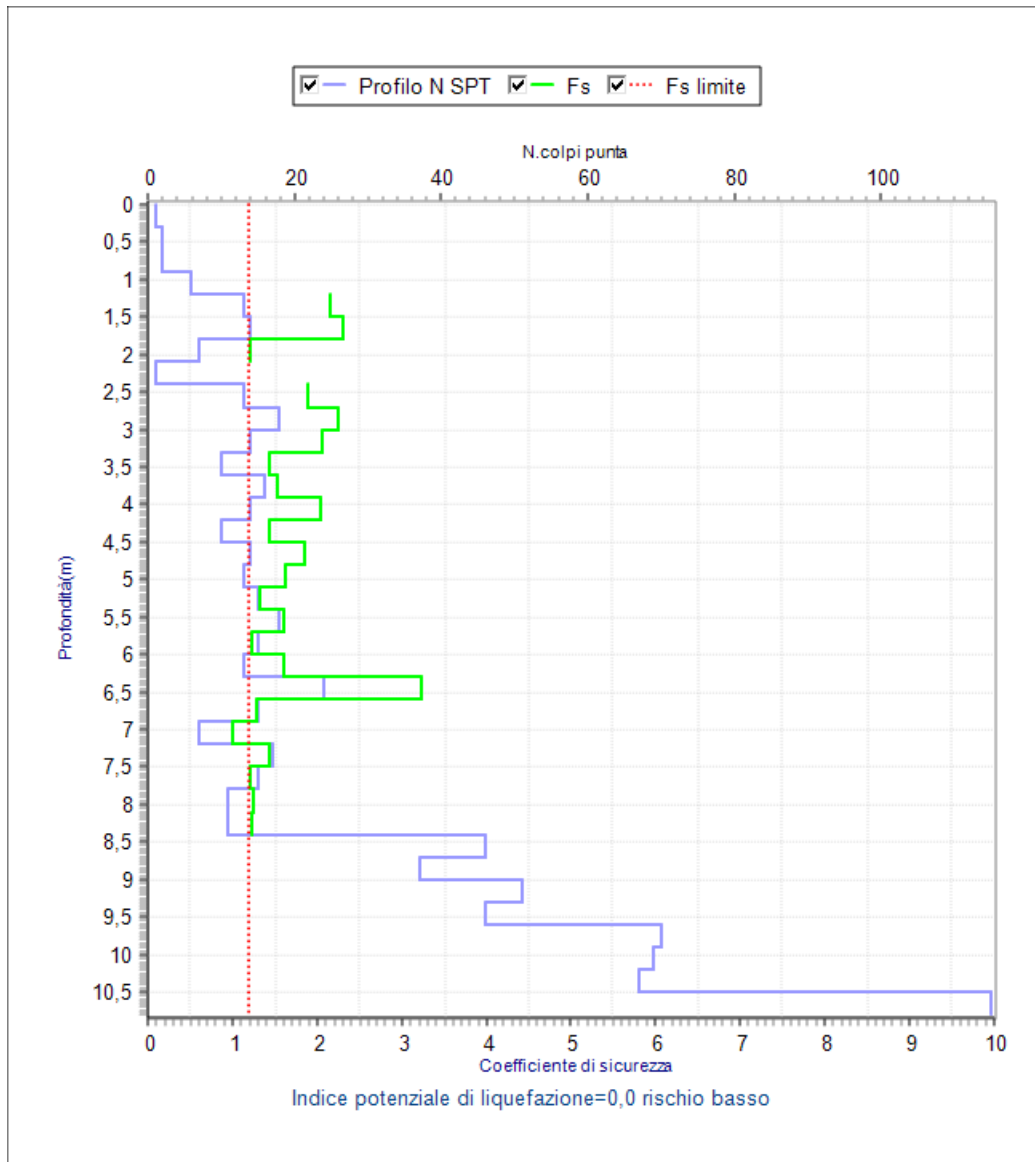
Comune: Casaleggio Vaprio

Località: Roggia Ora

Prova D.P.S.H.: 2

Data: 12/02/2008

Quota: p.c.



Livello di soggiacenza falda: -0,30 m da p.c.

1

Profilo CRR da SPT o DP								
N.	da (m)	a (m)	Nspt	%fine	Gamma(kN/mc)	CSR	CRR	Fs
1	0,00	0,30	1	100	17,17	0,093		
2	0,30	0,60	2	90	18,15	0,128		
3	0,60	0,90	2	90	18,15	0,146		
4	0,90	1,20	6	60	19,62	0,154		
5	1,20	1,50	13	20	18,79	0,161	0,346	2,15
6	1,50	1,80	14	20	18,84	0,165	0,381	2,31
7	1,80	2,10	7	50	19,78	0,167	0,202	1,21
8	2,10	2,40	1	100	17,17	0,171		
9	2,40	2,70	13	20	18,79	0,173	0,328	1,895
10	2,70	3,00	18	0	19,03	0,174	0,39	2,241
11	3,00	3,30	14	20	18,84	0,175	0,359	2,051
12	3,30	3,60	10	30	18,64	0,176	0,252	1,43
13	3,60	3,90	16	0	18,93	0,176	0,27	1,535
14	3,90	4,20	14	20	18,84	0,177	0,361	2,042
15	4,20	4,50	10	30	18,64	0,177	0,254	1,437
16	4,50	4,80	14	20	18,84	0,177	0,328	1,854
17	4,80	5,10	13	20	18,79	0,178	0,288	1,617
18	5,10	5,40	15	0	18,88	0,178	0,235	1,322
19	5,40	5,70	18	0	19,03	0,178	0,287	1,611
20	5,70	6,00	15	0	18,88	0,178	0,22	1,236
21	6,00	6,30	13	20	18,79	0,177	0,285	1,61
22	6,30	6,60	24	0	19,33	0,177	0,574	3,24
23	6,60	6,90	15	0	18,88	0,177	0,228	1,289
24	6,90	7,20	7	50	19,78	0,176	0,176	0,998
25	7,20	7,50	17	0	18,98	0,176	0,251	1,428
26	7,50	7,80	15	0	18,88	0,175	0,21	1,202
27	7,80	8,10	11	25	18,69	0,175	0,217	1,242
28	8,10	8,40	11	25	18,69	0,174	0,213	1,227
29	8,40	8,70	46	0	21,09	0,173		
30	8,70	9,00	37	0	19,99	0,172		
31	9,00	9,30	51	0	19,62	0,171		
32	9,30	9,60	46	0	21,09	0,17		
33	9,60	9,90	70	0	19,62	0,169		
34	9,90	10,20	69	0	19,62	0,167		
35	10,20	10,50	67	0	19,62	0,166		
36	10,50	10,80	115	0	19,62	0,165		

Cantiere: Ampliamento Scuola Elementare

Committente: Amm. Comunale

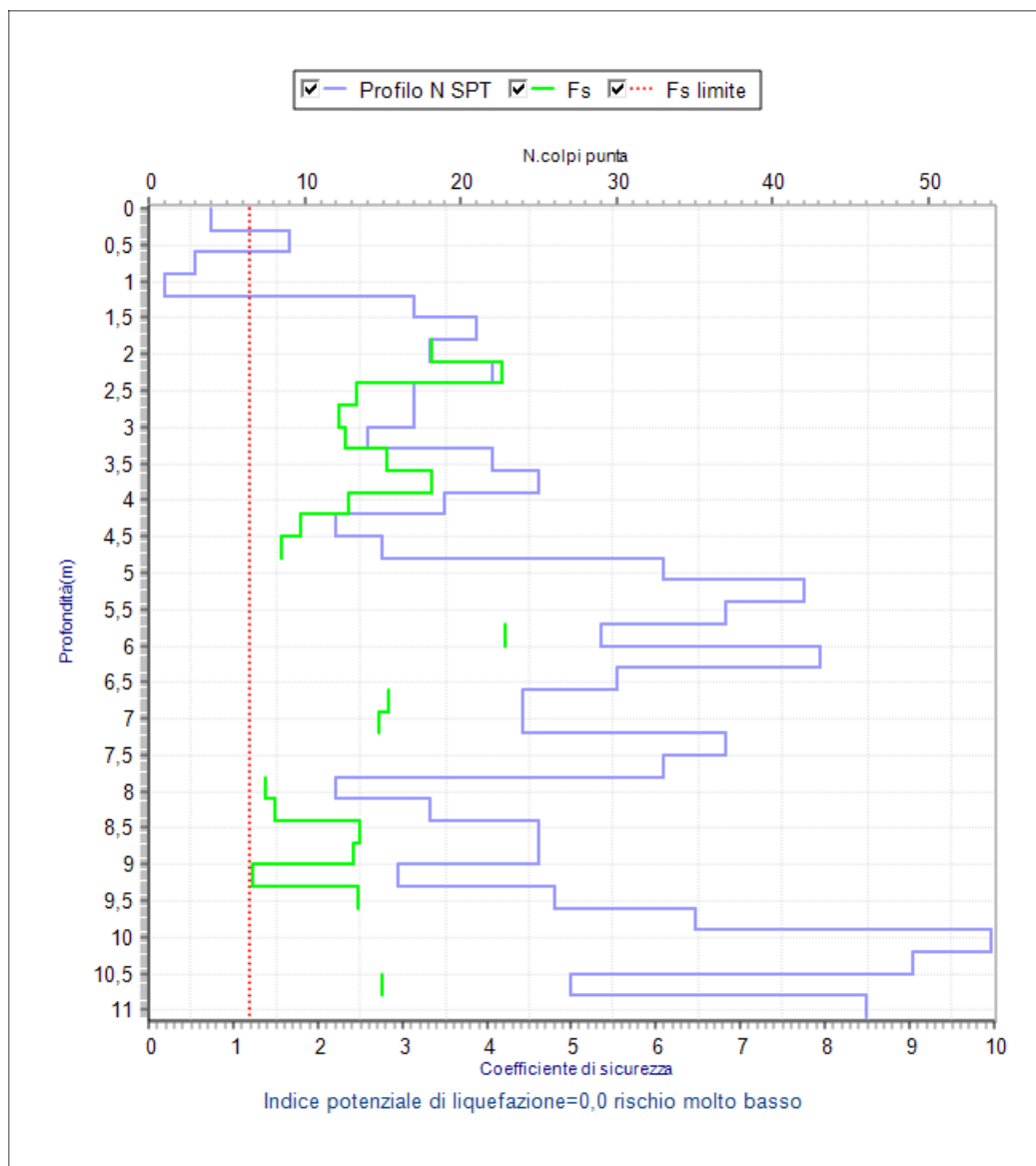
Comune: Casaletto Vaprio (CR)

Località: Scuola Elementare

Prova: D.P.S.H. 1

Data:06/03/2008

Quota: p.c.



Livello di soggiacenza della falda non riscontrato: foro chiuso -1,80 m da p.c.

1

Profilo CRR da SPT o DP								
N.	da (m)	a (m)	Nspt	%fine	Gamma(kN/mc)	CSR	CRR	Fs
1	0,00	0,30	4	50,0	18,64	0,093		
2	0,30	0,60	9	35,0	18,31	0,093		
3	0,60	0,90	3	60,0	18,52	0,092		
4	0,90	1,20	1	90,0	16,92	0,092		
5	1,20	1,50	17	0,0	18,00	0,092		
6	1,50	1,80	21	0,0	18,20	0,092		
7	1,80	2,10	18	0,0	19,03	0,099	0,331	3,343
8	2,10	2,40	22	0,0	19,23	0,106	0,443	4,183
9	2,40	2,70	17	0,0	18,98	0,111	0,273	2,459
10	2,70	3,00	17	0,0	18,98	0,116	0,261	2,247
11	3,00	3,30	14	20,0	18,84	0,12	0,278	2,319
12	3,30	3,60	22	0,0	19,23	0,123	0,347	2,822
13	3,60	3,90	25	0,0	19,37	0,126	0,422	3,353
14	3,90	4,20	19	0,0	19,08	0,129	0,305	2,364
15	4,20	4,50	12	20,0	18,74	0,132	0,237	1,798
16	4,50	4,80	15	0,0	18,88	0,134	0,211	1,571
17	4,80	5,10	33	0,0	19,50	0,136		
18	5,10	5,40	42	0,0	20,60	0,137		
19	5,40	5,70	37	0,0	19,99	0,138		
20	5,70	6,00	29	0,0	19,57	0,14	0,589	4,206
21	6,00	6,30	43	0,0	20,72	0,141		
22	6,30	6,60	30	0,0	19,13	0,142		
23	6,60	6,90	24	0,0	19,33	0,143	0,406	2,836
24	6,90	7,20	24	0,0	19,33	0,143	0,39	2,728
25	7,20	7,50	37	0,0	19,99	0,144		
26	7,50	7,80	33	0,0	19,50	0,144		
27	7,80	8,10	12	20,0	18,74	0,145	0,201	1,386
28	8,10	8,40	18	0,0	19,03	0,145	0,217	1,496
29	8,40	8,70	25	0,0	19,37	0,145	0,36	2,486
30	8,70	9,00	25	0,0	19,37	0,145	0,35	2,411
31	9,00	9,30	16	0,0	18,93	0,146	0,18	1,234
32	9,30	9,60	26	0,0	19,42	0,145	0,36	2,481
33	9,60	9,90	35	0,0	19,74	0,145		
34	9,90	10,20	54	0,0	19,62	0,145		
35	10,20	10,50	49	0,0	21,46	0,144		
36	10,50	10,80	27	0,0	19,47	0,143	0,394	2,755
37	10,80	11,10	46	0,0	21,09	0,143		

Sulla *Carta della Pericolosità sismica locale* (TAV. 4 in scala 1:10.000) sono stati quindi evidenziati gli scenari di pericolosità sismica locale z2a e z4a.

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, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	Amplificazioni litologiche e geometriche
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 – Scenari di pericolosità sismica locale

Analisi di 2° livello

Per lo scenario di PSL za4 è stata aggiornata l'analisi di 2° livello ai sensi dell'Allegato 5 della D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616 e dei valori di soglia comunali del fattore di amplificazione (Fa) assegnati da Regione Lombardia.

Essa consiste nella caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nell'area in esame e si concretizza con la stima della risposta sismica dei terreni in termini di Fattore di amplificazione (Fa).

Gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa.

La valutazione del fattore Fa, tenuto conto delle caratteristiche dell'area in esame (zona subpianeggiante), viene condotta per uno scenario suscettibile di amplificazione di tipo litologico o stratigrafico: in pratica viene "quantificato" l'effetto delle condizioni litostratigrafiche locali in grado di modificare l'intensità delle onde sismiche generate da un terremoto.

La procedura prevede il confronto del valore di Fa calcolato (Fac) nel sito indagato rispetto al valore di Fa caratteristico del territorio comunale in cui l'area è inserita, detto "di soglia" (Fas), contenuto in un apposito elenco (soglie_lomb.xls) redatto dalla Regione Lombardia. Esso è il valore oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

Il procedimento per la determinazione dei valori di Fa è contenuto nell'Allegato 5 della D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616.

Per il comune di Casaletto Vaprio, i valori di Fa di soglia (Fas) riferiti all'intervallo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D e E) sono i seguenti:

PR	CM	Comune	Intervallo di periodo	Valori soglia			
				B	C	D	E
19	20	Casaletto Vaprio	0.1 - 0.5	1,4	1,8	2,2	2,0
			0.5 - 1.5	1,7	2,4	4,2	3,1

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

Stima degli effetti litologici

La stima degli effetti litologici del sito in esame (Allegato 5 della D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616) prevede l'impiego di abachi di riferimento e richiede la conoscenza dei seguenti parametri: litologia prevalente dei materiali presenti nel sito, stratigrafia del sito, andamento delle Vs con la profondità fino a valori ≥ 800 m/s, spessore e velocità di ciascun strato, sezioni geologiche, conseguente modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Nella stima e nell'attendibilità degli effetti litologici propri dell'area in esame, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio Vs con la profondità riveste un ruolo di fondamentale importanza.

Allo scopo sono state utilizzate le tre prove sismiche mediante microtremiti localizzate nella zona nord (Cav-1), sud (Cav-2) e ovest (Cav-3) di Casaletto Vaprio.

Tutte e tre le prove - già contenute nello studio della "Componente geologica, idrogeologica e sismica nell'ambito del Piano di Governo del Territorio" redatto dal dott. geol. Giovanni Bassi nel 2008 ai sensi della D.G.R. 22.12.05 N. 8/1566 - hanno raggiunto sismostrati con Vs > 800 m/s.

Il livello di attendibilità del dato geofisico, derivante da indagini dirette, è da considerare alto.

Sulla base della natura litostratigrafica dei terreni indagati (ghiaie e sabbie), la scheda litologica di riferimento più pertinente (vedi Allegato 5 della D.G.R. già citata) sarebbe quella "ghiaiosa" (la stessa utilizzata nello studio del 2008 ai sensi della D.G.R. 22.12.05 N. 8/1566).

Una volta individuata la scheda di riferimento è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di Vs con la profondità. Nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata ma l'andamento delle Vs con la profondità non ricade nel campo di validità della scheda potrà essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine.

Poiché l'andamento delle Vs con la profondità relativo al modello sismico ricostruito nei tre siti in esame sconfina nella zona di non validità, è stato necessario optare per un'altra scheda litologica, cioè la scheda "limoso-sabbiosa tipo 2".

Successivamente, all'interno della scheda di valutazione si è scelta, in funzione della profondità e della velocità delle onde S dello strato superficiale, la curva di riferimento più appropriata (n. 2 di colore verde) per la valutazione del valore di Fa.

Il periodo proprio del sito T è stato calcolato a partire dalla seguente equazione:

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

dove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo del modello fino al bedrock sismico (strato con $V_s > 800$ m/s).

Inserendo i dati dei modelli sismici monodimensionali corrispondenti alle tre prove sismiche considerate si sono ottenuti i seguenti periodi:

LINEA	UBICAZIONE	PERIODO T
Cav-1	nord	0,25
Cav-2	sud	0,27
Cav-3	ovest	0,25

Nella tabella seguente sono confrontati i valori di Fa calcolati (Fac) rispetto a quelli di soglia (Fas) tramite le equazioni evidenziate di cui sopra sono:

Prove	Cat. Sottosuolo	Fa _{0,1-0,5}			Fa _{0,5-1,5}		
		Fac		Fas	Fac		Fas
Cav-1	B	1,7	>	1,4	1,21	<	1,7
Cav-2	B	2,03	>	1,4	1,24	<	1,7
Cav-3	E	1,98	<	2,0	1,21	<	3,1

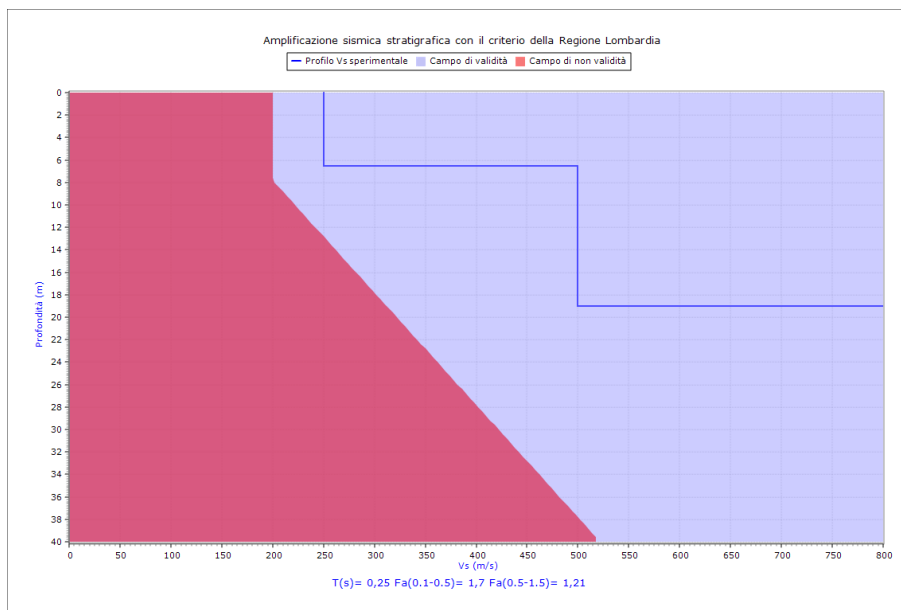
Per **T = 0.1±0.5 s** i valori calcolati Fac risultano maggiori di quelli di soglia Fas del comune di Casaleggio Vaprio (considerando una variabilità di + 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di Fa ottenuto) e quindi la normativa antisismica (D.M. 17.01.2018) è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica propri del sito.

Pertanto, in fase di progettazione edilizia, si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore con il seguente schema:

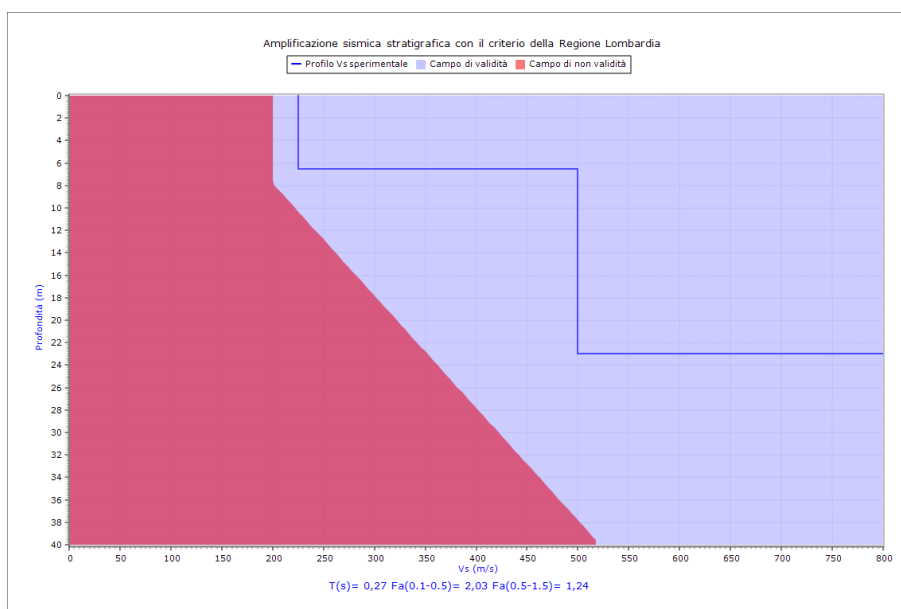
- ☐ anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C;
- ☐ anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Per **T = 0.5÷1.5 s** i valori calcolati F_{ac} sono risultati inferiori a quelli di soglia F_{as} e quindi la normativa antisismica (D.M. 17.01.2018) è ritenuta sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica propri del sito.

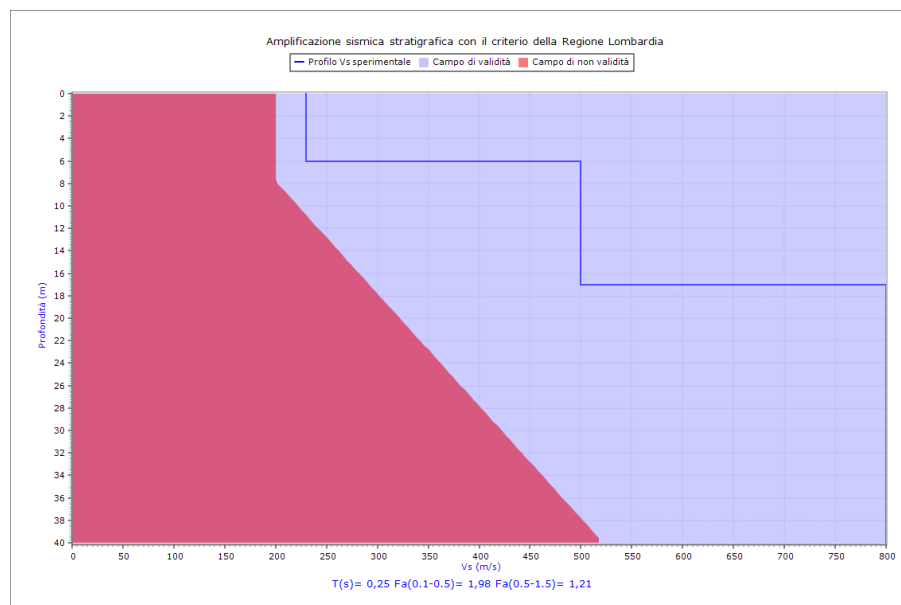
Gli scenari di pericolosità sismica locale individuati e le risultanze dell'approfondimento di 2° livello per PSL z4a sono stati riportati nella *Carta della Pericolosità sismica locale* alla scala 1:10.000 (TAV. 4) ed anche nella *Carta di Fattibilità geologica delle azioni di piano* redatta alla scala 1:5000 (TAV. 6).



Cav-1



Cav-2



Cav-3

EFFETTI LITOLGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 2

PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

NOTE:

Comportamento coesivo

Frazione limosa ad un massimo del 95%

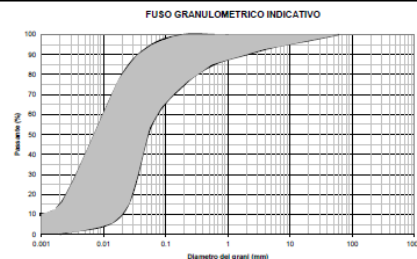
Presenza di clasti immersi con $D_{max} < 2-3$ cm

Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%

Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%

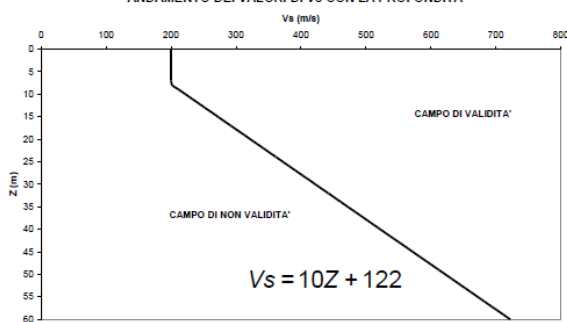
Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%

A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi

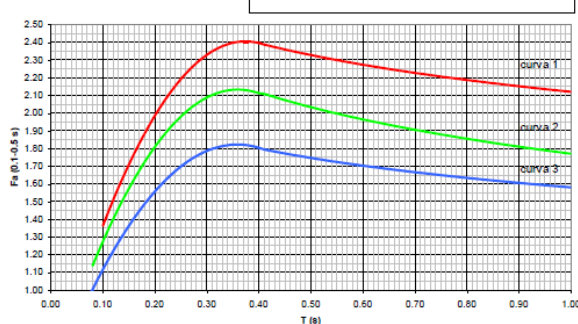


PARAMETRO	INTERVALLO
Peso di volume naturale γ_v [kN/m ³]	18.5-19.5
Peso specifico particelle solide γ_s [kN/m ³]	26.0-27.9
Contenuto d'acqua naturale w [%]	25-30
Limite di liquidità w_L [%]	25-35
Limite di plasticità w_p [%]	15-20
Indice di plasticità I_p [%]	5-15
Indice dei vuoti e	0.8-0.9
Grado di saturazione S_r [%]	90-100
Coefficiente di spinta a riposo K_0	0.4-0.5
Indice di compressione C_c	0.10-0.30
Indice di rigonfiamento C_u	0.03-0.05
Coefficiente di consolidazione secondaria C_α	0.002-0.006
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m) N_{spt}	0-20

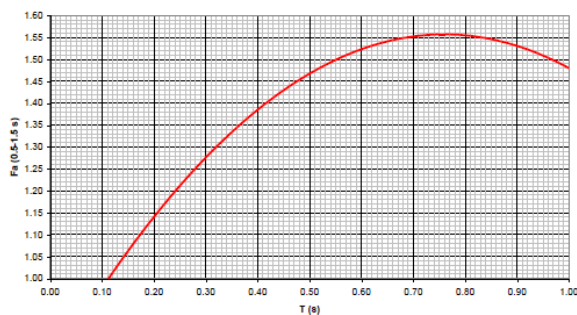
ANDAMENTO DEI VALORI DI V_s CON LA PROFONDITA'



Correlazione T - $Fa_{0.1-0.5}$ s



Correlazione T - $Fa_{0.5-1.5}$ s



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

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

SINTESI

La *Carta di Sintesi* (TAV. 5 in scala 1:5.000), basata sugli elementi territoriali più significativi messi in evidenza nella fase di analisi, individua le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita a specifici fenomeni.

Al riguardo vengono riproposte ed integrate le tematiche già ampiamente trattate nello studio della "Componente geologica, idrogeologica e sismica nell'ambito del Piano di Governo del Territorio", redatto dal dott. geol. Giovanni Bassi nel 2008 ai sensi della D.G.R. 22.12.05 N. 8/1566.

Vulnerabilità idrogeologica

La vulnerabilità idrogeologica relativa alla falda libera viene generalmente calcolata in base al tempo impiegato da un eventuale contaminante per raggiungere, dal piano campagna, il livello della falda superficiale.

Il tempo di infiltrazione complessivo è determinato dalla somma dei tempi di infiltrazione nel suolo e nel substrato non saturo fino al raggiungimento della falda stessa. Tale parametro viene calcolato attraverso il rapporto tra lo spessore del suolo più quello del substrato non saturo e la velocità di infiltrazione, data dalla permeabilità (K) per gradiente valutato al 100 %.

In tabella è riportato il giudizio sulla vulnerabilità idrogeologica relativo alle unità geomorfologiche riconosciute nel territorio di Casaleto Vaprio.

Unità geomorfologica	Litologia	Idrogeologia		Vulnerabilità idrogeologica
		Soggiacenza h (m dal p.c.)	Permeabilità K (m/s)	
1	Ghiaie poco gradate con sabbia. Presenza di orizzonti limosi a permeabilità molto bassa. Substrato calcareo, profondo 50-100 cm.	< 1,00	media $k = 10^{-6} \div 10^{-5}$ m/s	E (elevata)
2	Limi con sabbia. Substrato calcareo, profondo 50-100 cm.	1,00 - 2,00	medio/bassa $k = 10^{-7} \div 10^{-6}$ m/s	A (alta)
3	Limi. Substrato calcareo, profondo 100-200 cm.	> 2,00	bassa $k = 10^{-8} \div 10^{-7}$ m/s	B (bassa)

Si ricorda che la D.G.R. n° 8/3297 dell'11.10.2006 "Nuove aree vulnerabili ai sensi della D.Lgs 152/2006: criteri di designazione e individuazione" ha inserito Casaleto Vaprio nell'elenco dei comuni che la Regione Lombardia ha dichiarato interamente compresi in aree vulnerabili ai nitrati di origine agricola.

Caratterizzazione geotecnica

Prendendo spunto dalle numerose indagini geognostiche pregresse - prove penetrometriche dinamiche SPT e statiche CPT, sondaggi con escavatore - già a supporto dello studio della "Componente geologica, idrogeologica e sismica" redatto dal dott. geol. Giovanni Bassi nel 2008 ai sensi della D.G.R. 22.12.05 N. 8/1566 nell'ambito del Piano di Governo del Territorio vigente, è stata effettuata una classificazione geotecnica dei terreni superficiali entro le unità geomorfologiche riconosciute nel territorio di Casaleto Vaprio.

Le caratteristiche geotecniche dei terreni sono fortemente influenzate dalla bassa soggiacenza della falda e dal basso grado di addensamento del litotipo dominante nei primi metri da p.c., costituito da limo-sabbioso o da sabbie più o meno ghiaiose spesso poco addensate.

Unità geot	Caratteristiche	Soggiacenza falda
1	Superfici relativamente più depresse comprendenti anche le testate dei fontanili. Drenaggio difficoltoso per soggiacenza della falda costantemente prossima al p.c. Terreni superficiali (< 2 m) in genere poco addensati con caratteristiche geotecniche anche critiche, su substrato ghiaioso-sabbioso.	< 1,00 m dal p.c.
2	Superfici subpianeggianti comprese tra le principali linee di flusso e le aree relativamente più stabili. Drenaggio da mediocre a lento. Terreni superficiali (< 2 m) prevalentemente limoso-sabbiosi con caratteristiche geotecniche scadenti su substrato ghiaioso-sabbioso.	1,00-2,00 m dal p.c.
3	Superfici modali stabili a morfologia subpianeggiante o ondulata. Drenaggio da mediocre a buono. Terreni superficiali (< 2 m) prevalentemente limosi con caratteristiche geotecniche da buone a mediocri su substrato ghiaioso-sabbioso.	> 2,00 m dal p.c.

Vulnerabilità idraulica

Nell'ultimo decennio il territorio comunale di Casaleto Vaprio è stato colpito con una certa frequenza da eventi meteorici anche piuttosto intensi che hanno determinato allagamenti (con battente d'acqua anche di 40-50 cm) localizzati soprattutto nelle zone più depresse del centro e nel settore meridionale.

Con riferimento alla disciplina del principio di invarianza idraulica e idrologica, di cui al Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7, il Comune di Casaleto Vaprio ha incaricato il dott. ing. Paolo Gazzoli della predisposizione del *Documento semplificato del rischio idraulico comunale* (DoSRI, feb. 2022) per una "prima fase conoscitiva" volta all'individuazione delle principali criticità idrauliche e delle misure strutturali e non strutturali di massima atte al controllo e possibilmente anche alla riduzione delle condizioni di rischio ad esse connesse.

Attraverso un'analisi qualitativa delle testimonianze e dei dati disponibili, il DoSRI ha individuato, entro il centro abitato, le aree più vulnerabili da un punto di vista idraulico, frequentemente allagate/allagabili in occasione di eventi meteorici di una certa intensità.

Non sono state assegnate classi di pericolosità e di rischio idraulico ai sensi della Direttiva Alluvioni (Direttiva 2007/60/CE): per questo si rimanda al prossimo *Studio comunale di gestione del rischio idraulico*.

L'insufficienza della locale rete fognaria determina problematiche evidenti soprattutto:

- nella zona centrale dell'abitato di Casaleto Vaprio, all'incrocio fra via Roma e via Speranza,
- nel settore sud, in prossimità delle rogge Alchina e Filanda.

Inoltre, sono da segnalare anche:

- l'area industriale molto impermeabilizzata nel settore sud e sud-est, delimitata da rilevati ferroviari e stradali che ostacolano lo smaltimento delle ondate di piena favorendo piuttosto l'accumulo delle acque (al riguardo si ricorda che nel territorio comunale è esclusa o comunque molto impedita la possibilità di drenare nel sottosuolo le acque in eccesso a causa della presenza di una falda freatica superficiale o addirittura subaffiorante);
- le aree lungo il confine nord-ovest e ovest con Trescore Cremasco dove si possono verificare fenomeni di rigurgito per la difficoltà di immissione delle acque incanalate nel recapito a valle.

Il Progetto esecutivo di completamento della rete fognaria nel comune di Casaleto Vaprio predisposto dal gestore del servizio PADANIA ACQUE S.P.A. (2021), di prossima realizzazione, ha lo scopo di migliorare l'efficienza della rete fognaria, permettere una più razionale gestione delle acque incanalate alleggerendo la pressione in ambito urbano e riducendo conseguentemente il rischio di allagamenti.

Sulla *Carta di Sintesi* (TAV. 5) sono evidenziate le aree vulnerabili da un punto di vista idraulico.

Reticolo idrografico superficiale

L'aggiornamento dello studio del Reticolo Idrico Minore di pertinenza del comune di Casaleto Vaprio e del Regolamento di polizia idraulica (Studio AGRITER, 2011) ha inserito la roggia Alchina (di rilevanza sovracomunale) nel reticolo idrico minore RIM. Inoltre, ha individuato il reticolo irriguo principale, quello irriguo secondario (costituito dai soli canali di interesse aziendale e interaziendale) e quattro fontanili attivi.

Sulla *Carta di Sintesi* (TAV. 5) sono riportati i corsi d'acqua che costituiscono il RIM ed il reticolo irriguo principale che interseca il comune di Casaleto Vaprio oltre ai quattro fontanili.

Pozzi dell'acquedotto pubblico

La rete acquedottistica locale, gestita da PADANIA ACQUE S.p.A., attualmente è servita da tre pozzi che convogliano le acque verso il nuovo impianto di trattamento, sito in via Verdi, entrato in funzione nel corso dell'anno 2024.

Sulla *Carta di Sintesi* (TAV. 5) sono state riportate anche le indagini geognostiche (prove CPT, SPT, sondaggi) e geofisiche pregresse, realizzate in aree significative e disponibili presso l'archivio dell'Ufficio tecnico comunale.

VINCOLI ESISTENTI

I principali vincoli di natura geologico-ambientale che interessano il territorio comunale sono evidenziati sulla *Carta dei Vincoli* (TAV. 3 in scala 1:5.000) e qui di seguito brevemente descritti a seconda del tipo di tutela.

• Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

Per conservare le caratteristiche qualitative delle acque destinate al consumo umano, il D.Lvo n. 152 del 3 aprile 2006, recante "Norme in materia Ambientale", all'art. 94, *Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano*, disciplina l'individuazione e la definizione di Aree di Salvaguardia delle risorse idriche, delegando le Regioni alla definizione delle direttive e delle linee guida per la perimetrazione delle stesse.

Per quel che riguarda i tre pozzi dell'acquedotto pubblico di Casaleto Vaprio, è stata proposta e autorizzata, in momenti diversi, la riduzione della fascia di rispetto da un raggio di 200 m a 10 m coincidendo quindi con la zona di tutela assoluta.

Per il pozzo con codice 190200001 (pozzo 1) l'Ufficio d'Ambito della Provincia di Cremona ha espresso parere favorevole alla riduzione della zona di rispetto a 10 m con decreto Prot. n. 1980/07/ATO del 5 Ottobre 2007.

Tale risultanza è stata recepita nello studio della "Componente geologica, idrogeologica e sismica nell'ambito del Piano di Governo del Territorio", redatto dal dott. geol. Giovanni Bassi nel 2008 ai sensi della D.G.R. 22.12.05 N. 8/1566.

Più recentemente, l'Ufficio d'Ambito della Provincia di Cremona con nota prot. n. 2953 del 03/12/2020 (pervenuta al prot. Comunale n. 7076 del 03.12.2021) ha trasmesso i decreti n. 88/20 e n. 89/20 del 02/12/2020 con cui si individuano le zone di rispetto in un'area di 10 m di raggio dal punto di captazione, coincidenti con la zona di tutela assoluta (di raggio pari a 10 m), dei pozzi denominati con codici 190200002 (pozzo n. 2) e 190200003 (pozzo n. 3), a quella data ancora da realizzare. Con Deliberazione del Consiglio Comunale n. 8 del 19-02-2021 "Approvazione della perimetrazione della zona di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile, ubicati in Comune di Casaleto Vaprio" è stata sancita, per i suddetti pozzi 2-3, la riduzione in un'area di 10 metri di raggio dal punto di captazione fino a farla coincidere con la zona di tutela assoluta. La deliberazione è divenuta esecutiva il 08.03.2021 ai sensi dell'art. 134, comma 3°, del T.U. - D.Lgs. 18 agosto 2000 n. 267.

L'area di tutela assoluta dei pozzi pubblici per approvvigionamento idropotabile deve essere adeguatamente protetta e dev'essere adibita esclusivamente a opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio

• Vincoli di Polizia Idraulica

Su entrambe le sponde dei corsi d'acqua è istituita la fascia di rispetto dove non è consentita nuova edificazione e la cui profondità è differenziata secondo l'importanza ed il valore dei corsi d'acqua.

La profondità delle fasce di rispetto deve intendersi misurata, in orizzontale, dal piede della sponda esterna o, in presenza di argini e rilevati di sponda, dal piede esterno dello stesso.

La fascia di rispetto, deve garantire la conservazione dell'ambiente di ripa, mantenere in piena efficienza il canale e la funzionalità delle sue opere idrauliche, consentire i lavori di manutenzione ordinaria e straordinaria del corso d'acqua.

In attuazione della L.R. 1/2000 e secondo la D.G.R. n° 7/7868 del 25/01/2002 così come aggiornata dalla D.G.R. n° 7/13950 del 1/08/2003, lo Studio AGRITER di Crema ha predisposto nel 2011 l'aggiornamento sia dello studio del Reticolo Idrico Minore di pertinenza del comune di Casaleto Vaprio che del Regolamento di polizia idraulica.

Dopo parere favorevole in data 7.12.2011 prot. n. 5655 da parte della Regione Lombardia - Sede territoriale di Cremona, il Reticolo Idrico Minore RIM è stato approvato con Delibera C.C. n. 4 del 9 marzo 2012 diventando parte integrante del PGT.

Solo la Roggia Alchina è stata considerata appartenente al "Reticolo Idrico Minore" anche se oggi, a tutti gli effetti, è gestita dal DUNAS.

In considerazione del suo rilevante valore, sia paesistico ambientale che idraulico, e vista la sua importanza come corridoio ecologico di collegamento, per essa è stata fissata una fascia di rispetto di 20 m dal ciglio superiore delle sponde, ridotta a 15 m per i tratti interni all'area urbanizzata o in corrispondenza di un edificio significativo.

Per quel che riguarda le attività e gli interventi consentiti e quelli vietati si rimanda alle NtA del RIM (AGRITER, 2011).

Si ricordano in particolare le seguenti prescrizioni:

- sono consentiti interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria; tutti i canali saranno mantenuti con fondo e sponde in terra, gli interventi di impermeabilizzazione dovranno essere limitati, circoscritti alle sole opere idrauliche che razionalizzano la distribuzione dell'acqua irrigua e la raccolta di quella di colto e dovranno essere giustificati da apposita relazione tecnica di cui al successivo apposito articolo;
- qualsiasi opera ed intervento dovrà essere preferibilmente eseguito con criteri di ingegneria naturalistica;
- tutti gli interventi che saranno intrapresi sulle opere idrauliche di cui è dotata dovranno essere eseguiti con criteri conservativi, impiegando cioè i materiali tradizionali e restaurandone le forme tipiche; a ciò si potrà derogare solo in caso di comprovate esigenze di natura idrogeologica e/o idraulica purché motivate da apposita relazione tecnico-ambientale e per i manufatti e le opere idrauliche dovranno essere impiegati materiali tipici;
- saranno consentiti e favoriti gli interventi che ricostituiscano la vegetazione ripariale con essenze autoctone sia arboree che arbustive.

Per quanto riguarda i corsi d'acqua appartenenti alla "Rete Irrigua Principale" - per i quali la competenza è demandata ai relativi Consorzi Irrigui - valgono le prescrizioni e le norme di cui al R.D. 523/1904.

In particolare, la fascia di rispetto è determinata in 10 m da entrambe le sponde, ridotta a 4 m nei tratti interferenti con l'abitato e quelli tombinati. Per la considerevole portata, il Comune di Casaletto Vaprio ha ritenuto di dover ampliare a 15 m la fascia di tutela ambientale della roggia Ora.

I canali di interesse aziendale e interaziendale sono individuati come "Rete Irrigua Secondaria".

Tutti gli interventi che coinvolgono la Rete Irrigua Principale e i canali di interesse aziendale ed interaziendale, dovranno essere volti al mantenimento dell'efficienza drenante e/o di distribuzione dell'acqua irrigua e delle canalizzazioni, provvedendo, in ogni caso, al ripristino delle loro funzionalità laddove questa risulti essere stata compromessa anche da lavori legati a temporanee esigenze delle colture e delle cose.

È vietato interrompere e/o impedire, con la costruzione di rilevati o altro, il deflusso superficiale dei canali aziendali ed interaziendali senza prevedere un nuovo e/o diverso recapito per le acque di scorrimento intercettate.

Per interventi che possono interessare i canali di interesse aziendale e interaziendale si richiede relazione tecnico-agronomica che documenti che tali interventi non influiscano negativamente, direttamente o indirettamente, sulla funzionalità irrigua e sull'equilibrio ambientale del corso d'acqua

• Fontanili

Nel settore orientale del territorio comunale di Casaletto Vaprio si segnalano quattro fontanili - Risali, Ronchi, Castagnola nord, Castagnola sud – che non sono individuati sulle tavole del PTCP (2013) e non rientrano nell'elenco dei fontanili provinciali aggiornato al 2014.

Si tratta di risorgive attive soprattutto durante la stagione estiva grazie agli apporti della fase irrigua: la loro portata è variabile e per periodi anche lunghi praticamente nulla.

Per il loro valore naturalistico e ambientale e l'estrema vulnerabilità dell'acquifero superficiale nei punti d'emergenza d'acqua sono, di fatto, recepite le prescrizioni di cui all'art. 16.5 delle Norme del PTCP (cui si rimanda).

L'Amministrazione comunale di Casaletto Vaprio ha ritenuto di estendere la fascia di rispetto di raggio $r = 50$ metri dalla testa a tutti i primi 200 metri dell'asta, in cui non sono consentite opere di urbanizzazione e di nuova edificazione.

FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

La fase finale di proposta, definita attraverso la redazione della *Carta di Fattibilità geologica delle azioni di piano* e delle Norme Geologiche di Piano, prevede modalità standardizzate di assegnazione della classe di fattibilità agli ambiti omogenei per pericolosità geologica e geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica individuati nella fase di sintesi, al fine di garantire omogeneità e obiettività nelle valutazioni di merito tecnico.

La carta di fattibilità geologica è dunque una carta di pericolosità che fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici con riferimento in particolare agli eventuali e necessari approfondimenti delle indagini.

Si ricorda che sulla *Carta di Fattibilità geologica delle azioni di piano* non è richiesta l'individuazione dei perimetri delle aree di tutela assoluta e di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile, delle fasce di rispetto del reticolo idrico principale e minore, nonché dei cimiteri e dei depuratori, in quanto soggette a specifica normativa. L'attribuzione della classe di fattibilità di tali aree deve derivare esclusivamente dalle caratteristiche geologiche delle stesse.

L'aggiornamento dello Studio della componente geologica, idrogeologica e sismica in occasione della Variante generale del PGT di Casaleto Vaprio ha portato all'assegnazione delle classi di fattibilità geologica grazie all'incrocio delle informazioni raccolte nella fase preliminare di analisi (caratteristiche geomorfologiche, litologia superficiale dominante, soggiacenza dell'acquifero superficiale, vulnerabilità idrogeologica, grado di addensamento dei sedimenti superficiali e le caratteristiche geotecniche medie degli stessi).

Il territorio comunale di Casaleto Vaprio è stato suddiviso nelle seguenti classi e sottoclassi di fattibilità riportate sulla *Carta di Fattibilità geologica delle azioni di piano* (TAV. 6 in scala 1:5.000).

CLASSE 2 - Fattibilità con modeste limitazioni

Sottoclasse 2a: vulnerabilità idrogeologica bassa, caratteristiche geotecniche da buone a mediocri

Interessa il settore sud-orientale del territorio comunale appartenente all'unità geomorfologica 3, caratterizzata da superfici modali stabili meglio conservate, a morfologia subpianeggiante od ondulata, dotate di drenaggio mediocre o buono. I terreni superficiali sono prevalentemente limosi con caratteristiche geotecniche da buone a mediocri, su substrato prevalentemente sabbioso-ghiaioso. La soggiacenza della falda è > 2.00 m dal p.c.

CLASSE 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

Sottoclasse 3a: vulnerabilità idrogeologica alta, caratteristiche geotecniche scadenti

Interessa le superfici subpianeggianti appartenenti all'unità geomorfologica 2, interposte tra le aree più depresse e le aree più stabili e rilevate, a drenaggio mediocre o lento e soggiacenza della falda tra 1-2 m dal p.c. I terreni superficiali sono prevalentemente limoso-sabbiosi con caratteristiche geotecniche scadenti, su substrato prevalentemente sabbioso-ghiaioso.

Sottoclasse 3b: vulnerabilità idraulica per problemi di rigurgito delle acque incanalate, elevata impermeabilizzazione del suolo e difficoltà di deflusso delle piene

Interessa parte dell'area industriale a sud dell'abitato di Casaleto Vaprio - caratterizzata da un'elevata impermeabilizzazione del suolo e delimitata da rilevati ferroviari e stradali che ostacolano lo smaltimento delle ondate di piena favorendo piuttosto l'accumulo delle acque - e le aree lungo il confine nord-ovest dove si possono verificare fenomeni di rigurgito per la difficoltà di immissione delle acque incanalate nel recapito a valle.

Si sovrappone ad aree già in sottoclasse 3a.

Sottoclasse 3c: vulnerabilità idrogeologica elevata, caratteristiche geotecniche critiche

Riguarda le superfici relativamente più depresse che costituiscono l'unità geomorfologica 1, comprendenti anche le testate dei fontanili. Sono zone a drenaggio difficoltoso per una falda prossima al p.c. (costantemente < 1.00 m dal p.c.).

Terreni superficiali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, in genere poco addensati e con caratteristiche geotecniche critiche, su substrato ghiaioso-sabbioso con locali intercalazioni limose.

Sottoclasse 3d: vulnerabilità idraulica per problemi di rigurgito delle acque incanalate, elevata impermeabilizzazione del suolo e difficoltà di deflusso delle piene

Interessa parte dell'area industriale a sud dell'abitato di Casaleto Vaprio, caratterizzata da un'elevata impermeabilizzazione del suolo e delimitata da rilevati ferroviari e stradali che ostacolano lo smaltimento delle ondate di piena favorendo piuttosto l'accumulo delle acque, e le aree lungo il confine ovest dove si possono verificare fenomeni di rigurgito per la difficoltà di immissione delle acque incanalate nel recapito a valle.

Si sovrappone ad aree già in sottoclasse 3c.

CLASSE 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

Sottoclasse 4a: vulnerabilità idrogeologica molto elevata; testa dei fontanili

Per il loro valore naturalistico e ambientale e la vulnerabilità idrogeologica estremamente elevata nei punti d'emergenza dell'acqua le prescrizioni di cui all'art. 16.5 delle Norme del PTCP (2013) relative alla fascia di rispetto di 50 m dalla testa dei quattro fontanili attivi vengono estese anche ai primi 200 m dell'asta.

Sottoclasse 4b: vulnerabilità idraulica per allagamenti legati all'insufficienza della rete fognaria

Interessa la zona centrale dell'abitato di Casaleto Vaprio, all'incrocio fra via Roma e via Speranza, e il settore sud, in prossimità delle rogge Alchina e Filanda dove, in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi, si verificano frequenti allagamenti causati da una rete fognaria strutturalmente inadeguata ed insufficiente.

Si sovrappone ad aree già in sottoclasse 3a e 3c.

Le prescrizioni geologiche legate alle aree a differenti classi di fattibilità sono descritte nelle "Norme geologiche di piano".

La *Carta di Fattibilità geologica delle azioni di piano* fornisce quindi le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio. Essa deve essere utilizzata congiuntamente alle "Norme geologiche di piano" che riportano la relativa normativa d'uso (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, opere di mitigazione del rischio, necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, necessità di predisposizione di sistemi di monitoraggio, ...).

Inoltre, sulla stessa carta sono state riportate con appositi retini "trasparenti" anche le aree a pericolosità sismica locale individuate, con indicazione del valore F_a riscontrato rispetto a quello di soglia comunale.

Tale sovrapposizione non comporta quindi un automatico cambio di classe di fattibilità ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dal D.M. 17 gennaio 2018, oppure dove sia necessario realizzare preventivamente gli studi di 3° livello, fermo restando la possibilità di utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la categoria di suolo superiore.

Giugno 2025

Dott. geol. Alberto Soregaroli



BIBLIOGRAFIA

1. AA.VV., 1997, Quaderni agro-ambientali n.1; Carta delle aree a rischio di esondazione fluviale e Carta della vulnerabilità verticale della prima falda in provincia di Cremona. Centro di documentazione ambientale, Provincia di Cremona.
2. Beretta G. P., Francani V., Fumagalli L., 1992, Studio idrogeologico della provincia di Cremona, quaderni di tecniche di protezione ambientale, n. 24, Pitagora Editrice Bologna.
3. Braga G., Bellinzona G., Bernardelli L., Casnedi R., Castoldoli E., Cerro A., Cotta Ramusino S., Gianotti R., Marchetti G., Peloso G. F., 1976, Indagine preliminare sulle falde acquifere profonde della porzione di Pianura Padana compresa nelle province di Brescia, Cremona, Milano, Piacenza, Pavia e Alessandria, CNR;
4. Cremonini Bianchi M., 1988, Piano territoriale paesistico, Relazione geologica e tavole.
5. Comizzoli G., Gelati R., Passeri D. L., 1969, Note illustrative della Carta geologica d'Italia, Foglio 45 Milano e 46 Treviglio.
6. ERSAL, Provincia di Cremona, 1997, Paesaggi e suoli della Provincia di Cremona.
7. ERSAL, Provincia di Cremona, 2002, I suoli della pianura cremasca.
8. D'Auria G., Zavagno F., 2005, I fontanili della provincia di Cremona.
9. Ferrari V., Uberti e., 1979, I fontanili del territorio cremasco.
10. Francani V. et Alii, 1993, Studio idrogeologico della provincia di Cremona.
11. M.A.F., 1978, Bonifica e programmazione in Lombardia.
12. Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica, 1997, Carta Geomorfologia della Pianura Padana, scala 1:250.000.
13. Provincia di Cremona, 1986, Ass. Agricoltura, determinazione del grado di vulnerabilità delle acque sotterranee in provincia di Cremona in relazione all'impiego di prodotti chimici e liquami zootecnici in agricoltura.
14. Provincia di Cremona, 1995, Contributo allo studio delle acque della provincia di Cremona.
15. Provincia di Cremona, 1995, Assessorato Ambiente ed Ecologia, Progetto generale per la realizzazione di una rete di monitoraggio degli acquiferi sotterranei della provincia di Cremona.
16. Provincia di Cremona, 1997, Assessorato Agricoltura, Servizio Provinciale del Suolo, Carta delle componenti geo-ambientali del territorio cremasco scala 1:25000 ridotta.
17. Provincia di Cremona, 1998, Assessorato Agricoltura, Servizio Provinciale del Suolo, Quaderno agro-ambientale n.3, Catalogo dei suoli cremonesi.
18. Provincia di Cremona, assessorato Agricoltura, 1998, Servizio Provinciale del Suolo, Analisi del carico zootecnico comunale e attitudine dei suoli all'utilizzo agronomico dei reflui zootecnici in provincia di Cremona.
19. Provincia di Cremona, Settore Ambiente, Università degli Studi di Milano, "Realizzazione di un modello preliminare del flusso idrico nel sistema acquifero della provincia di Cremona", 2007.
20. Regione Lombardia, Eni Division Agip, 2002. Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia, a cura di Cipriano Carcano e Andrea Piccin. S.EL.CA. (Firenze).
21. Romita, Giura, De Wrachien, Galperti, 1972, Lo stato attuale dell'irrigazione in Lombardia, a cura di Carcano C. e Piccin A.
22. USDA, Soil Conservation Service, 1994, Keys to Soil Taxonomy.
23. Regione Lombardia - Sistema Informativo Territoriale SIT – Cartografia regionale.
24. Provincia di Cremona - Atlante della Cartografia Ambientale.
25. Regione Lombardia - Programma di tutela e uso delle acque (2006-2016).
26. PADANIA ACQUA S.P.A. - Progetto di completamento e miglioramento della rete fognaria nel comune di Casalezzo Vaprio (ing. P. Pianta, 31.08.2021).