

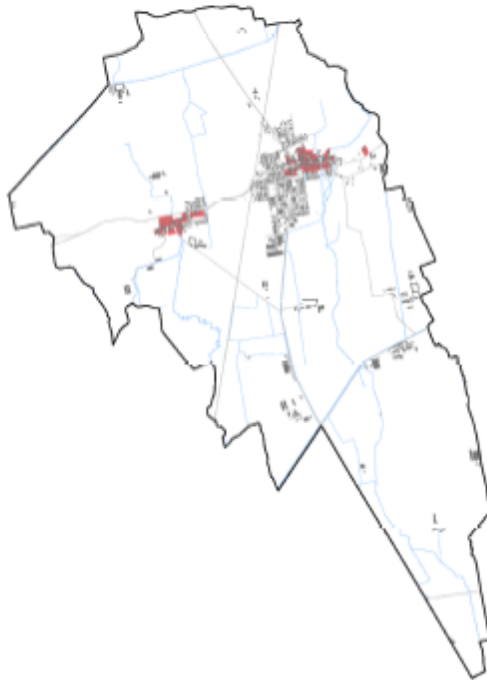
REGIONE LOMBARDIA
PROVINCIA DI CREMONA



COMUNE DI CAPRALBA

Variante generale al PGT

L.R. 11 marzo 2005 n.12 e s.m.i.



CG

Tavola numero

RELAZIONE GEOLOGICA

Scala

Data

Aprile 2024

De||bera Adozione

De||bera Approvazione

Note

SINDACO

Damiano Cattaneo

VICESINDACO

Roberto Dario Macchi

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Geom. Silvia Lucchetti

PIANOzero
p r o g e t t i

S.R.L. STP

Ing. Cesare Bertocchi
Arch. Cristian Piovaneli
Pian. Alessandro Martinelli
Ing. Ilaria Garletti

P.IVA: 04259650986

Tel. 030 674924

Indirizzo: via Palazzo, 5; Bedizzole (BS); 25081

Mail: info@pianozero.progetti

PEC: pianozero.progetti@legalmail.it

REFERENTE

Pian. Alessandro Martinelli

COMPONENTE GEOLOGICA

Dr. Geol. Corrado Aletti

Dr. Geol. Andrea Ravasio

E

COMUNE DI CAPRALBA

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE DIGITALE

Protocollo N.0001917/2024 del 10/04/2024
"Classificazione" 6.1 N.113/2023

Firmatario: CORRADO ALETTI



INDICE

1. Introduzione	4
1.1. Riferimenti bibliografici	5
1.2. Struttura dello studio	5
2. Inquadramento geografico	7
3. Inquadramento Geologico Morfologico Idrogeologico	8
3.1. Inquadramento strutturale e neotettonica	8
3.2. Litologia di superficie	10
3.3. Idrografia di superficie	10
3.4. Inquadramento idrogeologico	11
3.4.1. Fontanili	14
3.4.2. Vulnerabilità naturale	15
4. PTUA	18
4.1. Aree vulnerabili ai nitrati di origine agricola	19
4.2. Aree di ricarica	19
5. Sismica	22
5.1. Studio di I livello	24
5.2. Studio di II livello	28
5.2.1. Indagine HVSR - Tecnica di misurazione e strumentazione	29
5.2.2. Profilo onde S e classificazione del sottosuolo da NTC	30
5.2.3. Risultati analisi	32
5.2.4. Elaborazione di II livello	33
6. PAI e PGRA	35
7. Vincoli	36
7.1. Aree di salvaguardia dalle opere di captazione dei pozzi	36
7.2. Piano di Gestione del Rischio Alluvioni PGRA	36
7.3. Reticolo Idrico Minore	37
7.4. Fontanili	37
8. Sintesi	39

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	2 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



8.1. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico.....	39
8.2. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	40
8.3. Aree con mediocri caratteristiche geotecniche	40
9. Fattibilità	41
9.1. Classe 2 – Modeste limitazioni.....	41
9.1.1. CLASSE 2 – Mediocri proprietà geotecniche.....	42
9.2. Classe 3 – Consistenti limitazioni.....	42
9.2.1. CLASSE 3a – Aree interessate da alluvioni poco frequenti	42
9.2.2. CLASSE 3b – Elevata vulnerabilità idrogeologica dell'acquifero.....	43
9.3. Classe 4 – gravi limitazioni	44
9.3.1. CLASSE 4 – Aree di emergenza della falda	44
9.4. Procedure per l'applicazione della normativa geologica.....	44
10. Invarianza Idraulica e Idrologica.....	46



1. INTRODUZIONE

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Capralba è stato eseguito l'aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e simica del PGT ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30/11/2011, della D.G.R. X/6378 del 19/06/2017, della D.G.R. XI/6314 del 26/04/2022, della D.G.R. XI/6702 del 18/07/2022. L'aggiornamento si pone le seguenti finalità:

- recepimento delle delimitazioni delle aree allagabili contenute nel Piano di Gestione del Rischio Alluvione (PGRA) del Distretto Idrografico Padano predisposto ai sensi dell'art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e dell'art. 7 del D.Lgs. 49/2010 adottato con Deliberazione n. 4 del 17 dicembre 2015 da parte del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, approvato con Deliberazione n. 2 del 3 marzo 2016 da parte del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e successivamente dal Presidente del Consiglio dei Ministri con DPCM 27 ottobre 2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 30 in data 6 febbraio 2017;
- aggiornamento della componente geologica sotto il profilo sismico, conforme alle attuali disposizioni di legge (D.G.R. IX/2616 del 30/11/2011 e smi), e rielaborazione degli elaborati grafici;
- aggiornamento della base cartografica delle tavole presentate sostituendo la vecchia Carta Tecnica Regionale con il più aggiornato aerofotogrammetrico comunale;
- rielaborazione in forma grafica della Carta dei Vincoli sulla base di nuove evidenze conformemente alla normativa vigente;
- rielaborazione in forma grafica della Carta di Sintesi, conformemente alla modifica degli elaborati precedentemente citati;
- rielaborazione in forma grafica della Carta di Fattibilità e ridefinizione delle aree.

La metodologia adottata si fonda su tre successive fasi di lavoro:

sintesi bibliografica e compilativa basata sulla raccolta della documentazione esistente per la predisposizione della cartografia di analisi. Non essendo intervenute modificazioni

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	4 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



dell'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico questi aspetti si ritengono acquisiti e rappresentati nella cartografia della Componente Geologica vigente;

approfondimento/integrazione che, a partire dalla documentazione di cui alla fase precedente, ha previsto, in particolare, l'effettuazione di rilievi di campagna e le indagini geofisiche;

valutazione e proposta finale definita tramite le carte di sintesi e di fattibilità geologica delle azioni di piano, che propongono rispettivamente una zonizzazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità e una classificazione d'uso dello stesso.

1.1. Riferimenti bibliografici

Al fine di aggiornare gli elaborati precedentemente elencati, è stata effettuata una ricerca bibliografica sui dati esistenti propedeutici alla redazione della cartografia di inquadramento e di sintesi e alla stesura della relazione finale.

La base di ogni approfondimento è stata la documentazione relativa alla componente geologica del PGT vigente, redatta dal Dott. Geol. Alberto Manella (2007).

E' stato consultato il **Sistema Informavo Territoriale regionale (SIT)** acquisendo tutte le informazioni utili soprattutto in merito ad indagini pregresse a agli aspetti prettamente idraulici.

E' stato inoltre consultato il **Sistema Informavo Territoriale provinciale (SIT Atlante ambientale)** acquisendo tutte le informazioni utili soprattutto in merito agli aspetti ambientali.

Per quanto riguarda i Sistemi Informativi Tematici è stato consultato il database di Regione Lombardia, dove è stato possibile acquisire le aree allagabili definite nel PGRA (2022).

1.2. Struttura dello studio

Conformemente a quanto previsto dalla normativa vigente lo studio è stato articolato in modo da rappresentare ogni aspetto qualificante il territorio su apposita cartografia in cui sono stati georeferenziati i riferimenti riportati nella relazione generale. Sono stati redatti i seguenti

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	5 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



elaborati cartografici:

Tavola 1 – Carta della PSL (Scala 1:10.000)

Tavola 2 – Carta PAI-PGRA (Scala 1:10.000)

Tavola 3 – Carta dei Vincoli (Scala 1:10.000)

Tavola 4 – Carta di Sintesi (Scala 1:10.000)

Tavola 5 – Carta della fattibilità (Scala 1:10.000)

Le cartografie di analisi (geologica, morfologica, idrogeologica) non sono state riprodotte in quanto si ritengono valide ed attuali le esistenti redatte dal Dr. Geol. Alberto Manella. Allo scopo è stato rappresentato l'andamento della falda freatica (Aprile 2024) in una figura all'interno del testo.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	6 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio in esame appartiene alla Provincia di Cremona ed è localizzato a nord ovest del capoluogo. Nel dettaglio il Comune di Capralba è posto al confine con la provincia di Bergamo, ed occupa una superficie di circa 13.45 kmq. Con riferimento alla Carta d'Italia redatta dall'I.G.M. alla scala 1:100.000 l'area del Comune è ricompresa interamente nel Foglio n.33 "Treviglio".

Con riferimento alla Carta Tecnica Regionale (CTR) l'area del Comune è ricompresa interamente nelle seguenti Sezioni alla scala 1:10.000:

- Sezione C6a3
- Sezione C6b3
- Sezione C6b4

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	7 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO MORFOLOGICO IDROGEOLOGICO

3.1. Inquadramento strutturale e neotettonica

Il territorio in esame appartiene al settore settentrionale della Pianura Padana la cui evoluzione geologica risulta connessa allo sviluppo della catena alpina prima e di quella appenninica nella fase successiva, costituendo l'avanfossa di entrambi i sistemi. Dal Pliocene ad oggi tale depressione, dal profilo asimmetrico, con minore inclinazione del lato settentrionale, è stata progressivamente colmata da sedimenti dapprima marino-transizionali e quindi strettamente continentali. Strutturalmente la monoclinale pedealpina (*Pedealpine Homocline*) si presenta limitata a nord dal fronte di sovrascorrimento sudalpino, e a sud dal fronte di accavallamento esterno dell'Appennino sepolto (ETF) che si esplica attraverso le zone di virgazione degli archi delle Pieghe Ferraresi e delle Pieghe Emiliane (Figura 1).

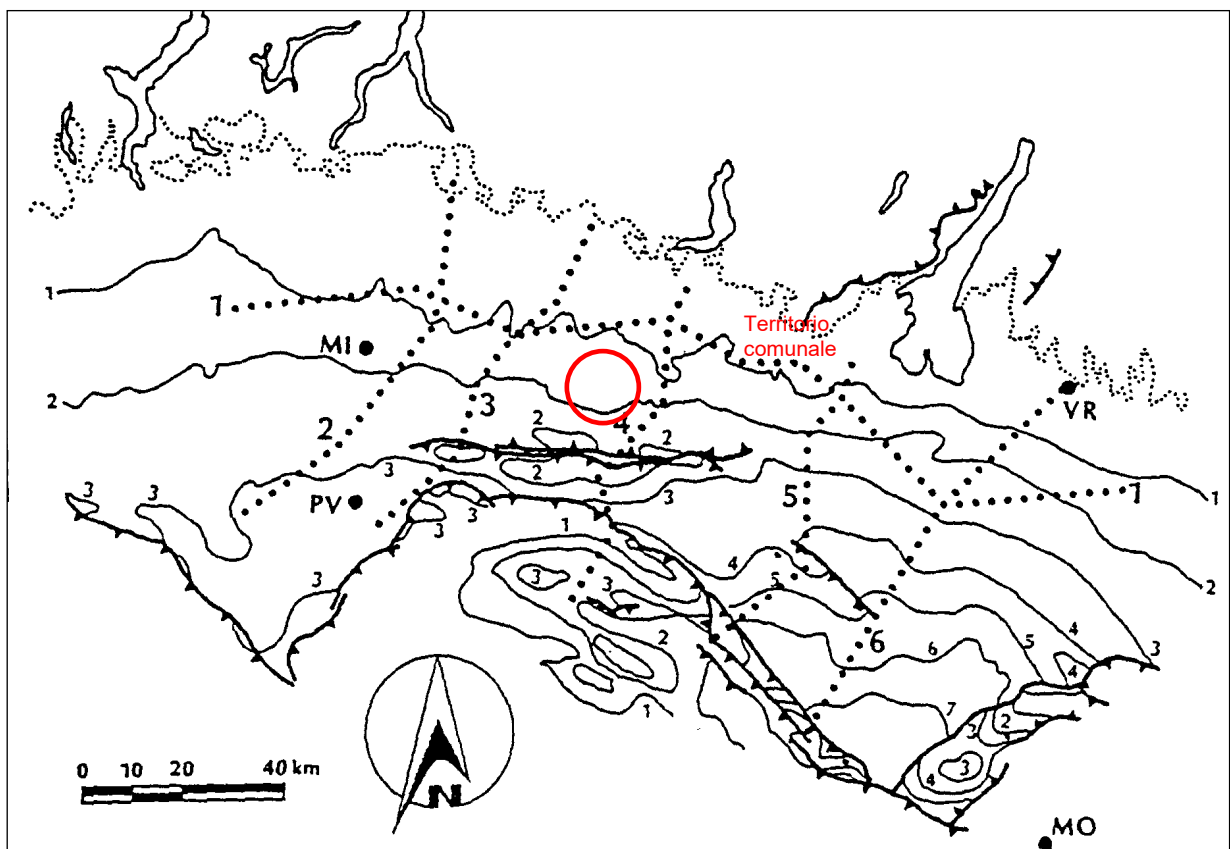


Figura 1 – Schema tettonico/strutturale della Pianura Padana (da Pieri e Groppi, 1981)

L'assetto geologico dell'area è stato determinato durante il Quaternario continentale dagli intensi eventi deposizionali che hanno portato a colmamento il bacino Padano. In

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	8 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



particolare, ci si riferisce al Pleistocene e all'Olocene, in cui la nota climatica dominante fu rappresentata da un ripetuto alternarsi di climi caldi e freddi, con una netta tendenza al progressivo raffreddamento, reso evidente con l'avvento delle glaciazioni. I depositi di quest'area sono legati alle dinamiche caratteristiche dell'ambiente fluvioglaciale e fluviale riferibili come età al Wurm (Alluvioni fluviali Wurm – cfr. Figura 2) e costituenti il "**livello fondamentale della pianura**".

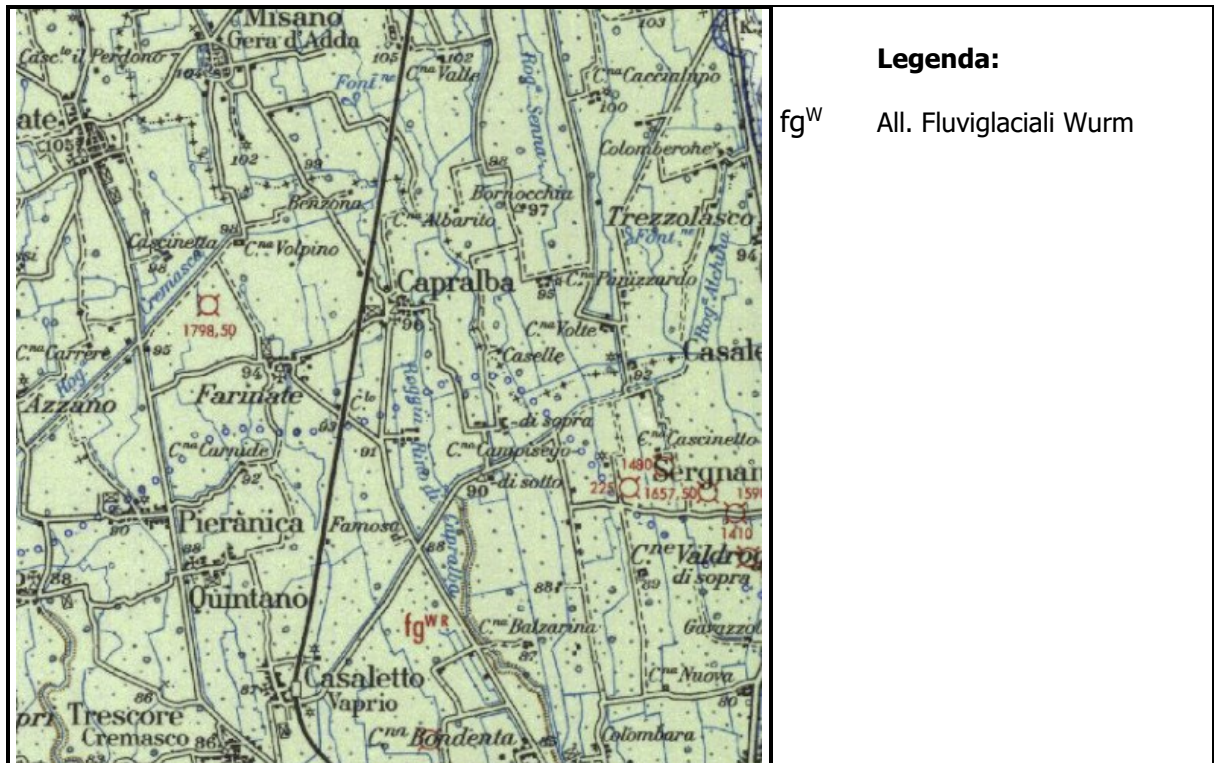


Figura 2 – Stralcio della Carta Geologica d'Italia foglio Treviglio

Questa unità è stata poi incisa dai corsi d'acqua padani che hanno originato ampie valli generalmente organizzate in diversi ordini di terrazzi. Anche l'idrografia minore ha inciso il livello fondamentale della pianura, generando depressioni meno estese e spesso raccordate senza l'evidenza di una scarpata morfologica. Dal punto di vista geologico si identifica un'unica unità:

Alluvioni fluvioglaciali (Wurm/Riss) – occupa l'intero territorio comunale e definisce una superficie monotona identificabile con il livello fondamentale della pianura (S. Tagliavini e F. Petrucci – Carta Geologica d'Italia Foglio "Cremona"). La delimitazione rispetto ai depositi più

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	9 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



recenti (valle del Serio, fuori dai confini comunali) è generalmente individuata da una scarpata morfologica di altezza variabile, talora rimaneggiata dall'attività antropica.

In relazione all'intervento antropico e alla prolungata assenza dell'attività fluviale la superficie del livello fondamentale della pianura presenta una morfologia regolare e monotona per lo più pianeggiante con quote variabili tra 100 e 83 m.s.m.. Si rilevano aree debolmente depresse in prossimità dei canali principali mentre la pendenza generale è in direzione sud. Per ogni approfondimento e per la cartografia di dettaglio si rimanda allo studio della componente geologica redatto dal Dott. Geol. Alberto Manella (2007).

3.2. Litologia di superficie

Come indicato in precedenza l'assetto attuale del territorio comunale è legato all'azione delle acque incanalate che ha portato alla deposizione e al successivo rimaneggiamento (erosione e rideposizione) dei depositi continentali. Si assiste pertanto, in linea generale, ad una graduale diminuzione della granulometria in direzione sud, passando dalle ghiaie e sabbie alle sabbie prevalenti nel settore meridionale. Possono essere presenti coperture limoso sabbiose di spessore metrico.

3.3. Idrografia di superficie

Il reticolo idrografico del territorio comunale di Capralba risulta caratterizzato dalla presenza di una fitta rete di canali di scolo ed irrigui. L'Amministrazione Comunale ha predisposto lo studio *Individuazione del reticolo idrografico principale e minore e normativa di polizia idraulica* in attuazione della D.G.R. 7/7868 del 25 Gennaio 2002 e successive modifiche e integrazioni. Lo studio individua il reticolo idrografico principale e quello minore, costituito da una serie di canali secondari in parte gestiti direttamente dal Comune ed in parte gestiti da Consorzi. Per una più approfondita trattazione e descrizione del reticolo idrografico minore si rimanda allo studio di riferimento (RIM) redatto da Agriter. Si rilevano tre rogge principali che attraversano il territorio comunale:

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	10 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



Roggia Rino Fontana: si tratta dell'elemento idrografico più importante, sia per estensione lineare che per sezione idraulica e portate di deflusso. Le acque di questa roggia provengono da alcuni fontanili situati a Misano Gera d'Adda e Caravaggio, attraversano da N a S l'intero territorio e confluiscono nel fiume Serio in comune di Crema.

Roggia Misana: scorre nel settore settentrionale del territorio comunale. Tale roggia prende origine dai fontanili di Misano Gera d'Adda e dirige i flussi idrici verso la Provincia di Cremona, unendosi alla Roggia Cremasca in comune di Torlino Vimercati. L'andamento della Roggia Misana nel territorio di Capralba è prevalentemente rettilineo, con estensione in direzione NE-SW.

Roggia Alchina: attraversa il territorio comunale a sud del capoluogo in direzione NE-SW poche centinaia di metri a S della Cascina Remuscita e della Cascina Famosa. L'andamento planimetrico è essenzialmente rettilineo.

3.4. Inquadramento idrogeologico

Il territorio comunale appartiene al grande bacino idrogeologico Padano (Figura 3), la cui base può essere assunta, in prima approssimazione, in corrispondenza dell'interfaccia acque dolci-salate ad una profondità di circa 300 metri da piano campagna nella zona studiata. Le caratteristiche idrogeologiche risultano strettamente dipendenti dalla natura dei depositi fluviali e fluvioglaciali in quanto le caratteristiche granulometriche condizionano il grado di permeabilità e di conseguenza le modalità della circolazione idrica sotterranea. La serie idrogeologica a scala regionale è definita da quattro unità distinte non sempre individuabili altrettanto chiaramente.

Dall'alto verso il basso le unità rinvenibili sono le seguenti:

Unità sabbioso-ghiaioso: costituita dalle sabbie e dalle ghiaie dei sedimenti alluvionali recenti e di quelli fluvioglaciali Wurmiani.

Unità a conglomerati: si tratta di una successione di conglomerati, sabbie e raramente ghiaie con scarse intercalazioni argillose attribuibili alle diverse fasi glaciali

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	11 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



Mindel e Riss. Nella media pianura i conglomerati sono sostituiti dalle sabbie e ghiaie e argille dell'Unità Idrogeologica Fluvioglaciale Mindel-Riss.

Unità Villafranchiana: costituita da depositi continentali rappresenta il substrato poco permeabile degli acquiferi superficiali più produttivi; prevalgono le argille ed i limi dalla tipica colorazione grigio-azzurra con frequenti intercalazioni torbose. A questa unità in genere di ridotto spessore e quasi mai affiorante fanno seguito verso il basso i sedimenti del Pleistocene inferiore di origine marina (Calabriano).

Substrato roccioso indifferenziato: affiorante lungo il margine prealpino si approfondisce molto rapidamente al di sotto della potente serie quaternaria spostandosi in direzione Sud.

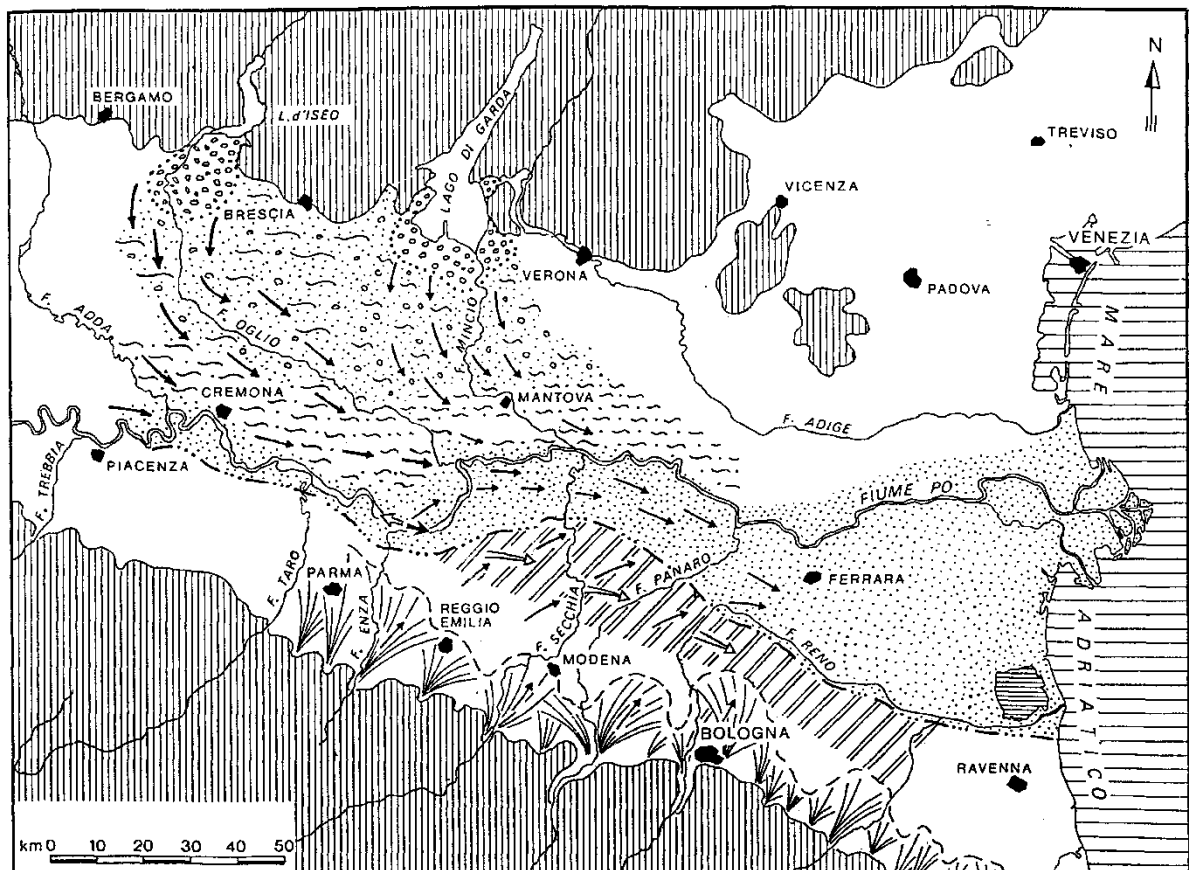


Figura 3 – Bacino idrogeologico padano

Nel settore in esame l'unità idrogeologica delle ghiaie e sabbie fluvio-glaciali con alimentazione alpina è preponderante e assorbe anche l'unità a conglomerati che non è rilevabile. Il modello idrogeologico superficiale su scala comunale è rappresentato in Figura 4,

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	12 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



dove si può ricostruire una litozona superficiale con acquifero di tipo freatico, con profondità del letto di circa 40/50 m; segue una seconda litozona dove sono preponderanti i termini fini e le falde acquistano carattere artesiano e sono contenute in strati permeabili di spessore ridotto. La falda possiede una soggiacenza variabile tra 2.5 e 1.0 metri con oscillazioni stagionali medie nell'ordine di circa 1.0 metro (Figura 5).

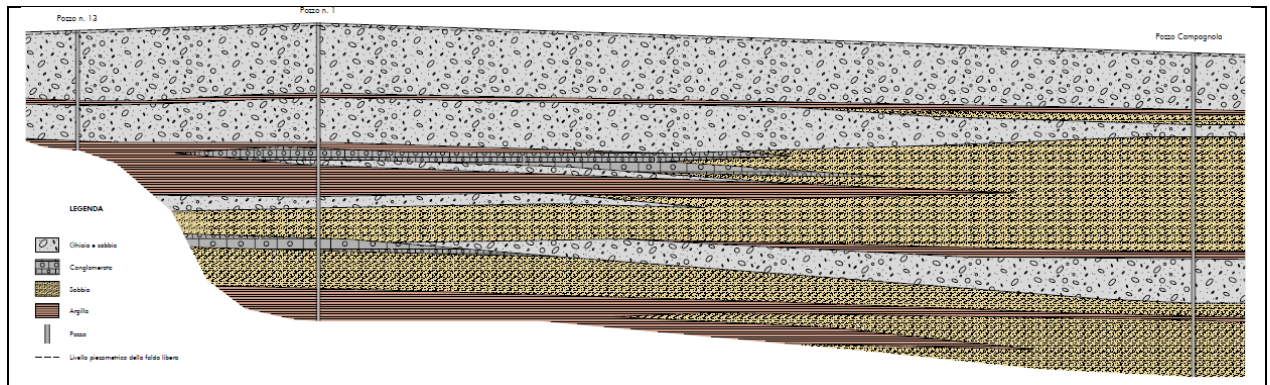


Figura 4 – Sezione stratigrafica (Manella 2007)

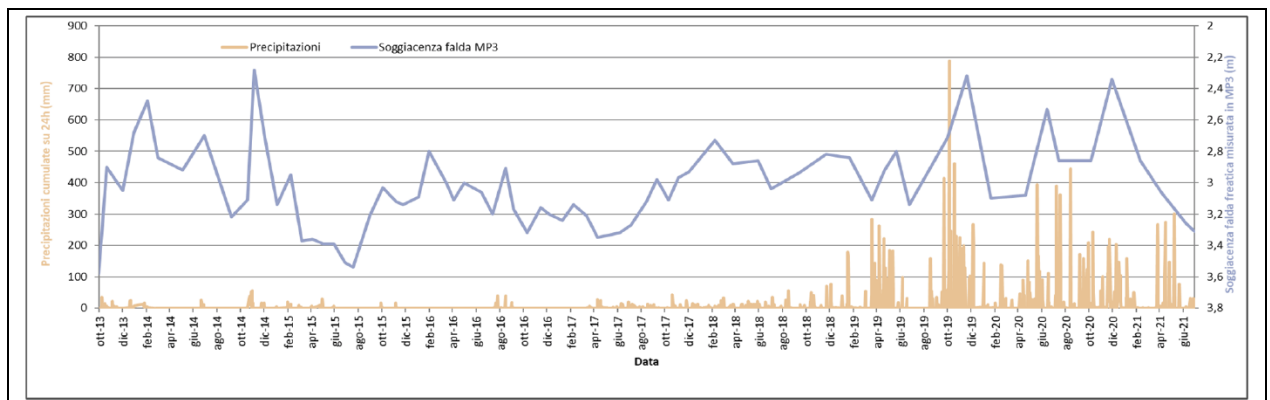


Figura 5 – Andamento livello freatico (rilievo Stogit piezometro fontanile - Sergnano)

E' stata effettuata una verifica speditiva dei livelli piezometrici in diversi punti del territorio comunale sulla base dei quali è stata redatta la cartografia riportata in Figura 6. Viste le tempistiche ristrette non è stato possibile effettuare una verifica di dettaglio che richiede un tempo di osservazione generalmente non inferiore ad un anno. Il risultato è comunque indicativo della morfologia della superficie piezometrica e delle principali linee di deflusso. L'andamento della superficie freatica è piuttosto regolare con inclinazione verso i quadranti di SSE e pendenza media nell'ordine dello 0.2%.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	13 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

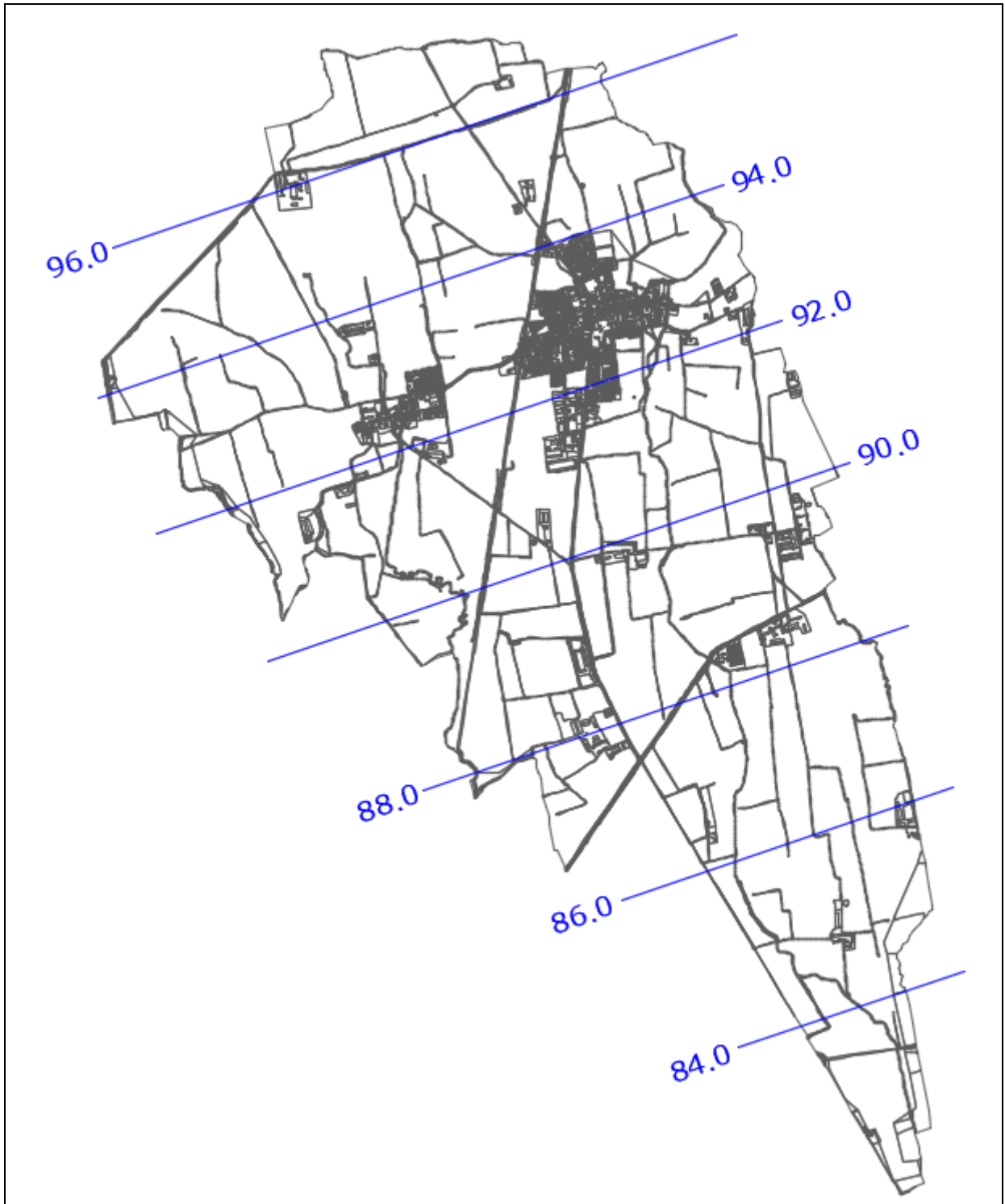


Figura 6 – Andamento della superficie freatica in m.s.m. (Aprile 2024)

3.4.1. Fontanili

La transizione dall'alta alla media pianura è evidenziata dalla comparsa dei fontanili, la cui origine è legata al passaggio dai depositi grossolani a quelli più fini che, assieme alla

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	14 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



diminuzione di pendenza della pianura, portano la falda freatica ad avvicinarsi al piano campagna. Si presentano generalmente come depressioni con forma variabile (a goccia, a T, rettilinei) sul cui fondo, approfondito sino ad intercettare la superficie della falda sgorgano le acque sorgive. All'interno di alcuni fontanili sono stati infissi elementi cilindrici in metallo che favoriscono la fuoriuscita delle acque. Vista la tipologia e la situazione idrogeologica e topografica, i fontanili dell'area in studio possono essere classificati come fontanili di affioramento. Si concentrano nel settore centro settentrionale dove sono tuttora presenti e attivi diversi fontanili con buon sviluppo areale. Trattandosi di elementi qualificanti per il territorio e sovente con valenza storico-culturale, sarebbe auspicabile per queste emergenze lo sviluppo di progetti volti al riutilizzo e conservazione, in parte già attuati (Figura 7).



Figura 7 – Fontanili

Sono presenti fontanili con testata evidente e ben definita, come nel caso del Fontanile Quarantina e Fontanone, ed altri con sviluppo rettilineo come il Fontanile Maccherone. L'argomento verrà ripreso nella sezione vincoli per verificare la coerenza con la normativa sovracomunale (PTCP).

3.4.2. Vulnerabilità naturale

In considerazione della finalità dell'indagine, l'analisi delle caratteristiche idrogeologiche della zona di pianura è stata rivolta, in particolare, alla valutazione del rischio di inquinamento delle acque sotterranee. Come già esposto entro la successione fluvioglaciale/alluvionale di pianura è riconoscibile una prima litozona poroso-permeabile, che risulta continua su tutto

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	15 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



l'areale considerato. Questa litozona ospita la falda più superficiale, che presenta un senso di deflusso diretto verso i quadranti meridionali. Per la sua vicinanza al piano campagna questo corpo acquifero costituisce il principale ricettore di eventuali inquinanti superficiali. La valutazione della vulnerabilità è stata eseguita secondo la metodologia proposta dal GNDCI-CNR, secondo la quale la vulnerabilità intrinseca, o naturale (relativa al primo acquifero), viene valutata tramite la sovrapposizione e intersezione di carte tematiche e tramite l'analisi dei seguenti fattori:

- litologia di superficie;
- profondità del tetto delle ghiaie;
- caratteristiche idrauliche delle falde (libere o in pressione).

La combinazione delle diverse suscettività all'inquinamento che caratterizzano la variabilità di ognuno dei fattori sopra richiamati, permette di individuare cinque classi di vulnerabilità esplicitate nella tabella seguente:

Grado di Vulnerabilità	Litologia di superficie	Profondità Tetto acquifero	Caratteristiche Acquifero
BASSO	argilla limo	> 10 m > 10 m	falda confinata/libera falda confinata
MEDIO	argilla limo limo sabbia/ghiaia	< 10 m < 10 m > 10 m > 10 m	falda confinata/libera falda confinata falda libera falda confinata
ALTO	limo sabbia sabbia ghiaia	< 10 m > 10 m < 10 m < 10 m	falda libera falda libera falda confinata falda confinata
ELEVATO	sabbia ghiaia	< 10 m > 10 m+<10 m	falda libera falda libera
ESTREMAMENTE ELEVATO	sabbia e/o ghiaia degli alvei fluviali	0 m	falda libera

In funzione della buona permeabilità dei depositi superficiali e della modesta soggiacenza, il territorio comunale è caratterizzato da una vulnerabilità di grado elevato. Vista la semplicità della tavola si è preferito inserirla come figura nel testo (Figura 8).

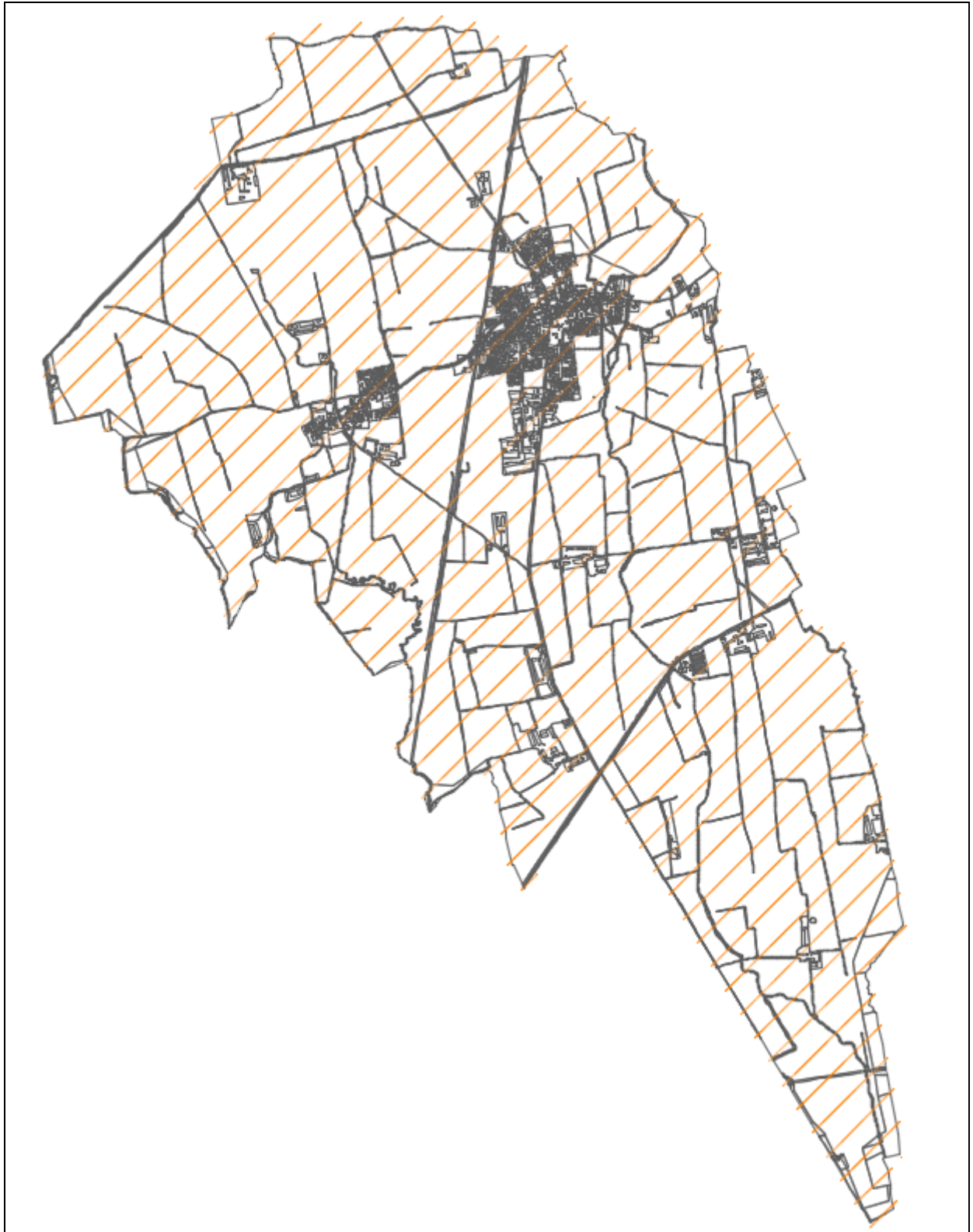


Figura 8 – Carta della Vulnerabilità naturale

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	17 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



4. PTUA

In accordo con quanto prescritto nella DGR 2616/2011, è stato consultato il PTUA (rif. BURL la d.g.r. n. X/6990 del 4 settembre 2017 "Approvazione del programma di tutela e uso delle acque, ai sensi dell'articolo 121 del d.lgs. 152/06 e dell'articolo 45 della legge regionale 26/2003") al fine di identificare gli aspetti d'interesse relativi alla pianificazione territoriale espressi nel Programma. Si è quindi osservato che l'intero territorio comunale di Capralba risulta essere classificato come "vulnerabile ai nitrati di origine agricola" (Figura 9) ed inoltre, il settore settentrionale e centrale, ricadono all'interno del perimetro delle aree di ricarica dell'Idrostruttura Sotterranea Intermedia (ISI), mentre la restante parte ricade all'interno del perimetro delle aree di ricarica dell'Idrostruttura Sotterranea Superficiale (ISS).

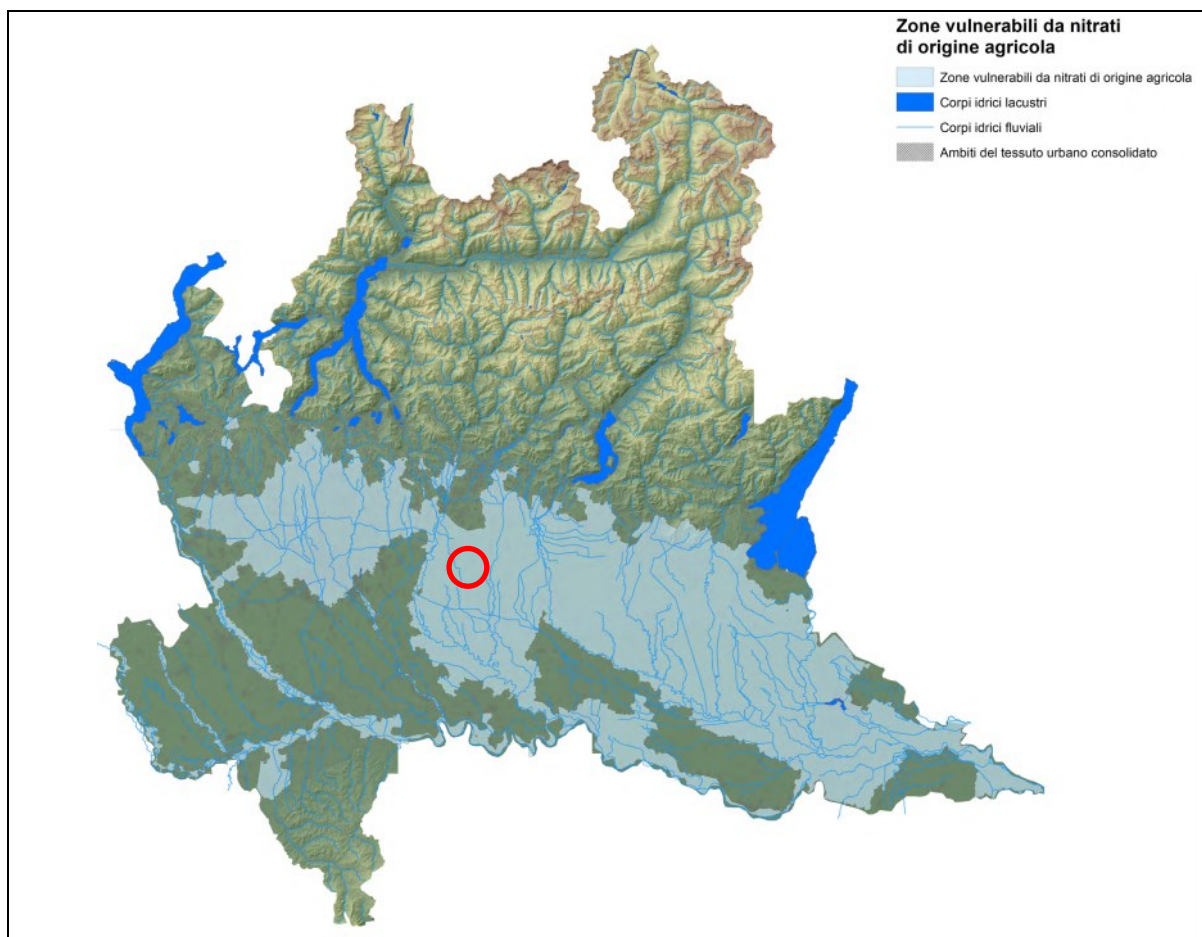


Figura 9 – Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola (PTUA 2016)

 <p>01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010</p> <p>geologia geotecnica e dati</p>	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	18 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



4.1. Aree vulnerabili ai nitrati di origine agricola

L'individuazione delle zone vulnerabili da nitrati di origine agro-zootecnica (ZVN), si pone l'obiettivo di prevenire e ridurre l'inquinamento delle acque causato direttamente o indirettamente da nitrati di origine agricola. Nelle zone idrologicamente vulnerabili, è necessaria l'applicazione di misure vincolanti riguardanti le modalità di applicazione di effluenti in rapporto all'uso del suolo. Tali misure devono garantire che il quantitativo di effluenti di allevamento sparso sul terreno ogni anno, compreso quello distribuito dagli animali stessi, consenta di non superare i 170 kg di azoto per ettaro. In considerazione del fatto che l'intero territorio comunale ricade all'interno del PTUA come area vulnerabile ai nitrati di origine agricola, sarà necessaria, ove previsto, l'applicazione di quanto previsto dal "Programma d'azione regionale per la protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole nelle zone vulnerabili ai sensi della direttiva nitrati 91/676/CEE – 2020-2023" (D.g.r. 2 marzo 2020 - n. XI/2893) anche in considerazione del fatto che esiste una sovrapposizione tra le aree di ricarica definite nel PTUA e le aree vulnerabili ai nitrati. Al fine di raccordare quanto esposto nei capitoli precedenti a proposito della vulnerabilità con quanto espresso dal Programma di Tutela e Uso delle Acque, si ritiene che questa informazione sia coerente con quanto emerso dal presente studio, in considerazione del grado di permeabilità dei depositi e della modesta soggiacenza della falda, aspetti che rendono l'intero territorio comunale idrogeologicamente vulnerabile.

4.2. Aree di ricarica

A scala regionale, la configurazione dei sedimenti definisce una suddivisione dei diversi corpi idrici sotterranei. In corrispondenza del territorio comunale di Capralba, il PTUA definisce la seguente struttura idrogeologica:

- **Corpo idrico sotterraneo superficiale di Alta pianura Bacino Adda – Oglio (ISS):** il corpo idrico è situato nei settori pedecollinari e di Alta Pianura compresi tra i fiumi Adda e Oglio, in corrispondenza dei comuni della porzione centrale e meridionale della Provincia di Bergamo. È delimitato a nord dai rilievi morfologici glaciali del bordo alpino

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	19 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



e prealpino e verso S dal passaggio tra Alta e Media Pianura lombarda, posto indicativamente a una quota topografica di 110 -120 m s.l.m. (all'altezza del limite superiore della fascia dei fontanili). L'idrostruttura viene alimentata dall'infiltrazione efficace e svolge un'azione di ricarica delle idrostrutture profonde. Litologicamente i depositi che caratterizzano l'idrostruttura sono costituiti da conglomerati a vario grado di cementazione, distribuiti sull'intero spessore dell'unità nei settori settentrionali, mentre nei settori meridionali sono prevalenti le ghiaie e le sabbie, localmente limoso-argillose.

- **Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media Pianura Bacino Ticino-Mella (ISI):** 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. 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. L'acquifero ha carattere generalmente semiconfinato, alimentato dall'idrostruttura superiore, laddove l'orizzonte impermeabile di separazione presenta interruzioni o passaggi eteropici a sabbie. L'acquitarzo di separazione tra le due idrostrutture presenta spessori massimi nel settore di pianura tra Comazzo e Trezzano (bacini idrografici dell'Adda e dell'Oglio) e risulta separato anche dall'idrostruttura sottostante (ISP) da orizzonti argillosi da metri a decametrici.
- **Corpo idrico sotterraneo profondo di Alta e Media pianura Lombarda (ISP):** L'idrostruttura sotterranea profonda (ISP) anche detta idrozona profonda (confinata) si sviluppa più in profondità (al di sotto dell'ISI) dove i diaframmi argillosi presentano una spiccata continuità laterale e gli strati permeabili sono delimitati a tetto ed a letto da

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	20 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



livelli fini di potenza sufficiente a renderli confinati ed a impedire rapidi scambi con gli orizzonti contigui, assumendo talora carattere artesiano.

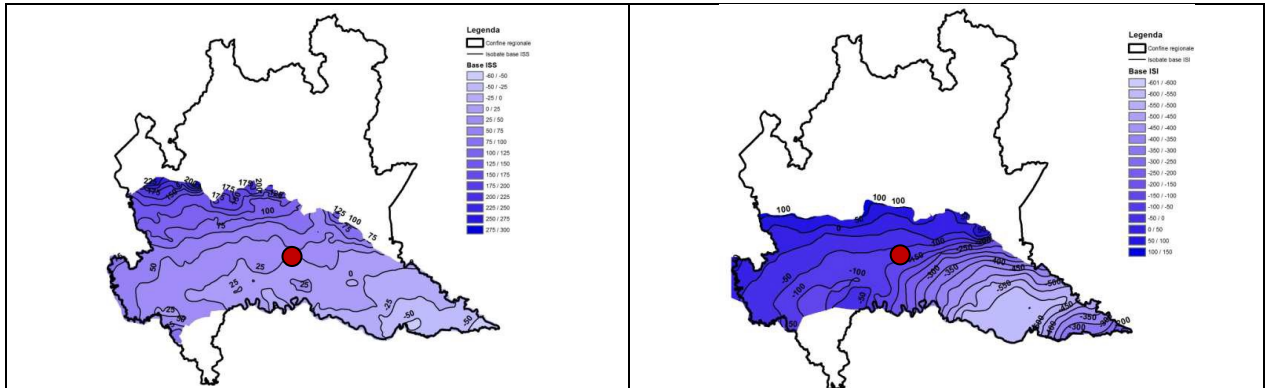


Figura 10 – Mappa della base dell'ISS a sinistra e dell'ISI a destra dal PTUA 2016

Ulteriori differenze tra i vari corpi idrici, sono da ritrovare nei regimi di ricarica, i quali variano a seconda delle unità idrogeologiche considerate. In Figura 11, è possibile osservare le diverse aree di ricarica definite in corrispondenza del territorio comunale.

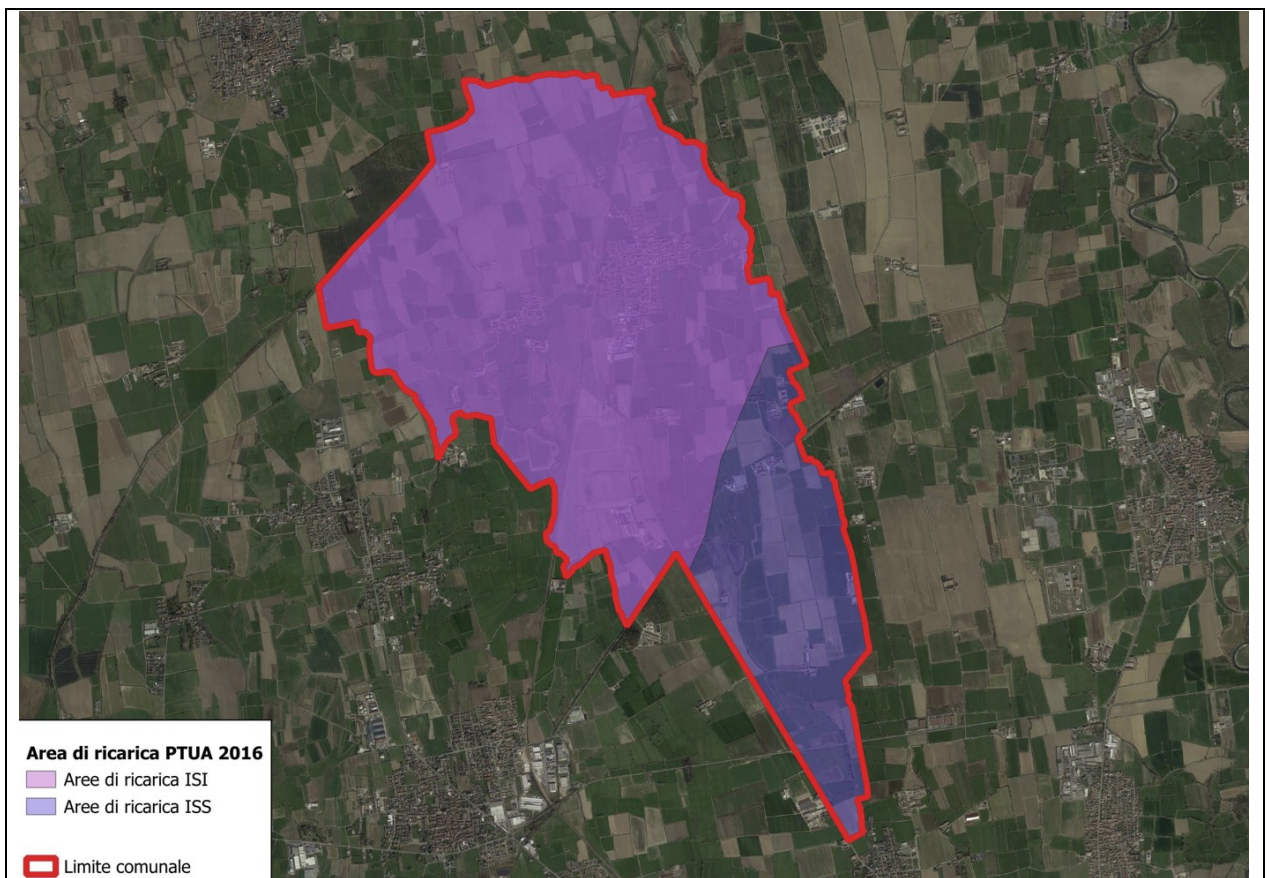


Figura 11 – Aree di ricarica definite nel PTUA (2016)



5. SISMICA

Ai fini del presente studio si è ritenuto opportuno verificare il rischio sismico del territorio comunale intendendo per tale sia il grado di probabilità relativo all'intensità massima di eventuali eventi sismici sia gli effetti possibili sull'area nel suo complesso. Tale verifica si è resa altresì necessaria in merito alla adozione, con Ordinanza del Presidente del Consiglio in data 20 marzo 2003, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n° 105 del 08 maggio 2003, dei criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e delle normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. Le modifiche introdotte sono sostanziali e hanno interessato numerosi Comuni della Lombardia ed in particolare della Provincia di Cremona come indicato in Figura 12. Secondo tale ordinanza, in prima applicazione, ovvero sino alle deliberazioni delle Regioni, le zone sismiche sono individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale" elaborato dal Gruppo di Lavoro costituito dal Servizio Sismico Nazionale, in base alla risoluzione approvata dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi nella seduta del 23 aprile 1997.

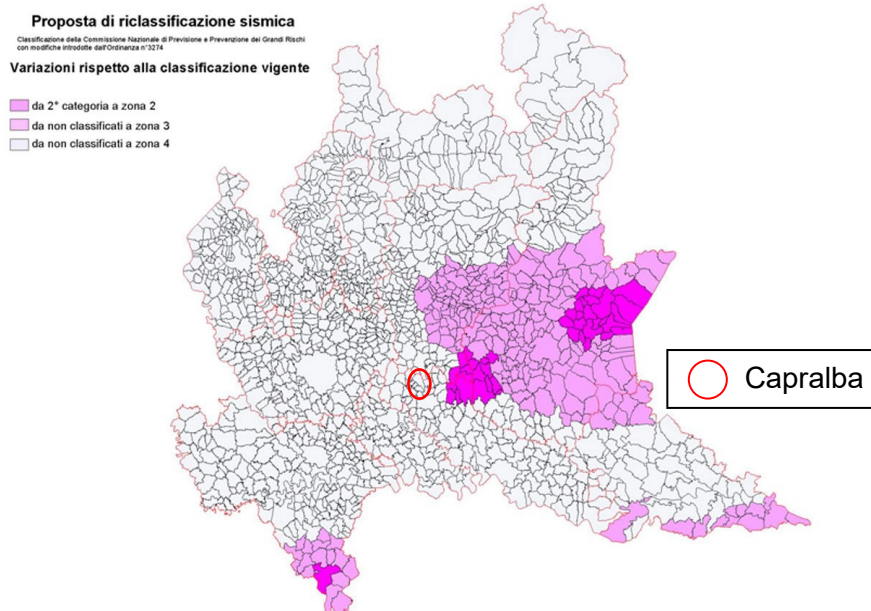


Figura 12 – Proposta di riclassificazione sismica 2003

L'entrata in vigore di tale ordinanza è stata più volte prorogata sino al 23 ottobre 2005, quando con l'entrata in vigore delle "Norme tecniche per le costruzioni" il grado di sismicità è stato riconfermato, così come modificato dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio n° 3316 e

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	22 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



n° 3431. La classificazione proposta ordina il territorio comunale di Capralba (codice ISTAT 03019015) come ricadente nella zona 4 (Figura 12) a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale inferiore a 0,05 a_g/g con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni. Con la D.G.R. 11 luglio 2014 n. X/2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. D)" viene proposta la revisione delle zone sismiche con lo scopo principale di armonizzare le stesse mediante l'utilizzo dei parametri fisici di riferimento derivanti dalle NTC 2008 per la progettazione antisismica. Tale aggiornamento, sulla base di valori di a_g desumibili dalla carta della pericolosità sismica di cui alla OPCM 3519 del 27/04/06, propone per il Comune di Capralba la classe 3 (Figura 13) a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale inferiore compresa tra 0,05 e 0,15 a_g/g con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.

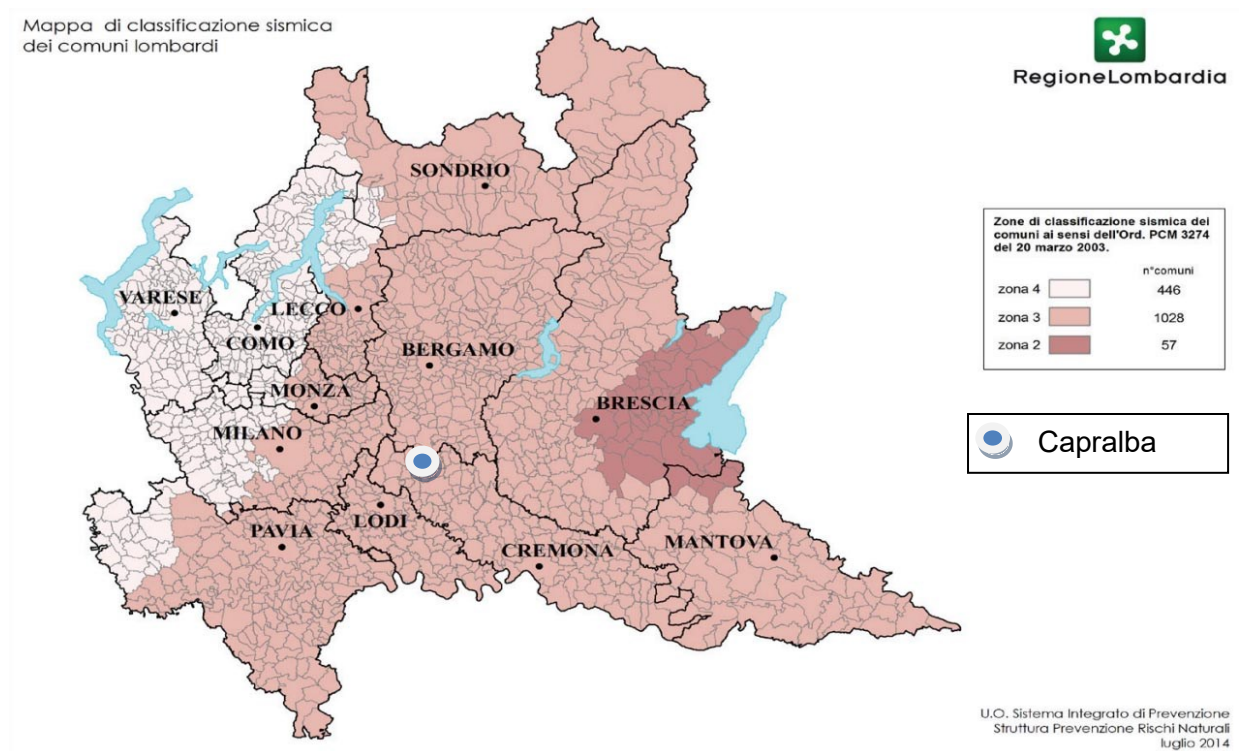


Figura 13 - Riclassificazione sismica 2014

In base ai disposti della D.G.R. n. VIII/1566 del 22.12.2005 è necessaria una verifica degli effetti sismici di sito per una corretta determinazione del rischio sismico dell'area in studio. La metodologia prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente: i primi due livelli sono obbligatori (con le opportune differenze in funzione della

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	23 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



zona sismica di appartenenza, come meglio specificato nel testo della direttiva) in fase di pianificazione, mentre il terzo è obbligatorio in fase di progettazione sia quando con il 2° livello dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse. La componente geologica a corredo del PGT vigente riporta solo lo studio di I livello, pertanto sono stati eseguiti gli approfondimenti di II livello richiesti dalla normativa.

5.1. Studio di I livello

L'analisi di I livello consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento. Lo studio si basa sull'analisi dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento (carta geologica, carta geomorfologica, ecc.) e nella redazione di un'apposita tavola derivata dalle precedenti carte di base, in cui viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali. Per l'intero territorio comunale è stata eseguita la valutazione dell'amplificazione sismica locale in relazione alle condizioni geologiche e geomorfologiche secondo la metodologia e le procedure indicate da Regione Lombardia (All. 5 della D.G.R. n°9/2616 del 30/11/2011). I risultati sono riportati in Tavola 4. Le condizioni locali possono infatti influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti di cui si deve tener conto nella valutazione della pericolosità sismica di un'area. Gli effetti indotti da particolari condizioni geologicomorfolologiche sono infatti in grado di produrre danni diversificati su fabbricati con caratteristiche analoghe, entro zone anche ravvicinate (fino a poche decine di m). In tali situazioni si possono verificare fenomeni di focalizzazione dell'energia sismica incidente, con esaltazione delle ampiezze delle onde, fenomeni di riflessione multipla con variazione delle ampiezze delle vibrazioni e delle frequenze del moto. La procedura prevede quindi la valutazione di diversi gruppi di effetti locali:

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	24 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



- Effetti di instabilità;
- Effetti di cedimenti e/o liquefazioni;
- Effetti di sito o di amplificazione sismica locale.

L'assetto morfologico del territorio comunale non evidenzia condizioni tali da innescare possibili effetti di instabilità ma sono presenti aree in cui sussistono le condizioni per l'innescare di fenomeni di liquefazione. Il fenomeno della liquefazione si verifica poiché, durante un evento sismico, vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante. Per tutta la durata della scossa ogni elemento di terreno è soggetto ad una serie di sforzi tangenziali che cambiano ripetutamente verso ed ampiezza. Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tali da far sì che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento. Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce. La resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità. Quindi, maggiore è la durata di un terremoto più alta è la possibilità che si arrivi alla liquefazione (maggiore numero di cicli). Inoltre, maggiore è l'ampiezza della vibrazione e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per giungere a tale condizione. La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso. Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione. I depositi sabbiosi sotto falda sono i terreni con più alto potenziale di liquefazione in particolare se sono di recente deposizione (in termini geologici), e di granulometria fine o media come riportato nella Figura 14. Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile nello strato (CSR) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (CRR). Cioè in pratica si ha:

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	25 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza sarà minore di 1 (di 1.25 secondo l'Eurocodice 8). La grandezza CSR dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto). CRR è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche dinamiche e statiche o con i valori delle velocità delle onde S ricavati da indagini geofisica.

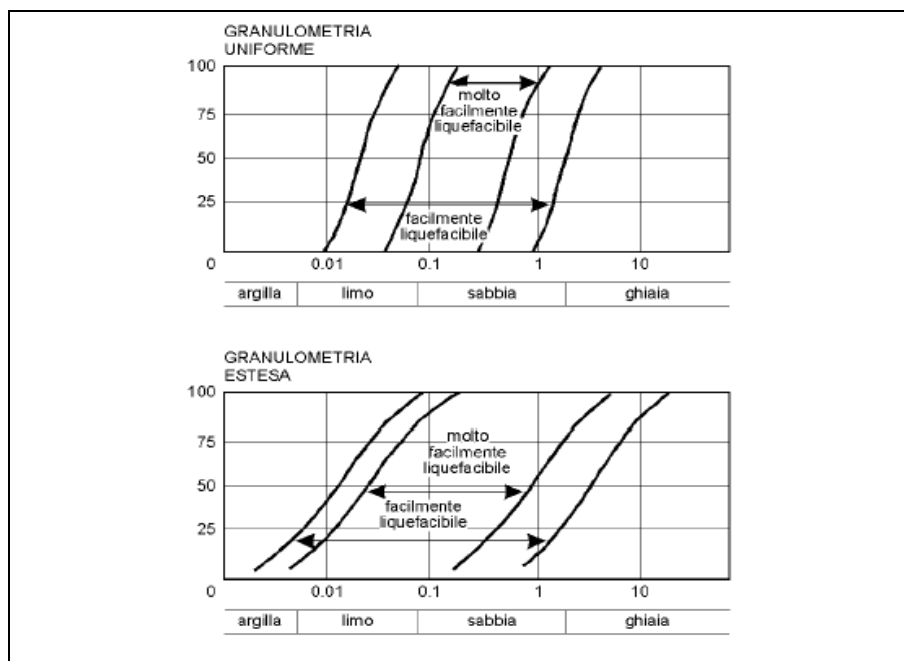


Figura 14 – Valutazione della suscettibilità alla liquefazione – fasce granulometriche critiche

La grandezza CSR viene ricavata attraverso la relazione:

$$CSR = \frac{1}{g} \frac{a_{max}}{v_{v0}'} \frac{1}{r_d} \frac{1}{MSF}$$

dove:

- a_{max} = accelerazione sismica massima;
- g = accelerazione di gravità = 980.7 cm/s²;
- v_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;
- v_{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,

La grandezza r_d può essere valutata attraverso alcune correlazioni empiriche note in letteratura.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	26 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



Gli effetti di amplificazione sismica locale invece sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che il terremoto di riferimento, relativo al bedrock, può subire durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali. Si distinguono quindi gli effetti di amplificazione topografica e quelli di amplificazione litologica, nonché effetti di comportamenti differenziali. 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 dell'orlo di scarpata o 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. Gli scenari di pericolosità sismica locale cui si correlano effetti di amplificazione topografica sono riportati nella Tabella seguente.

Sigla	Scenari di pericolosità sismica locale	Effetti
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 cucuzzolo: appuntite - arrotondate	

Figura 15 – Tabella 1 dell'Al.5 della D.G. 9/2616/2011

Gli effetti di amplificazione litologica o geometrica 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 delle sovrastrutture. Gli scenari di pericolosità sismica locale cui si correlano effetti di amplificazione litologica sono riportati nella tabella seguente.



Sigla	Scenari di pericolosità sismica locale	Effetti
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)	
Z4d	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	

Figura 16 – Tabella 1 dell’All.5 della D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011:

Per l’intero territorio comunale di Capralba si riconosce il solo scenario Z4a. Si procederà pertanto all’analisi di II livello per le sole amplificazioni litologiche. Nel caso si riscontrassero in occasione di studi sitospecifici a livello locale, condizioni tali da ricadere nello scenario Z2b, si dovranno approfondire le indagini per valutare la suscettività alla liquefazione e il conseguente rischio.

5.2. Studio di II livello

Per le zone stabili suscettibili di amplificazioni litologiche è stata eseguita l’analisi di 2° Livello mediante il calcolo del valore dei fattori di amplificazione con applicazione della procedura individuata dai Criteri Regionali (Livello 2 ai sensi dell’All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011). La procedura permette la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e la verifica dei valori proposti dalla normativa nazionale. A tale scopo verrà stimato il valore del Fattore di amplificazione (F_a) e confrontato con quello proposto dalla Regione Lombardia. Il valore di F_a si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di F_a 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.

Con riferimento al valore di F_a calcolato si possono presentare quindi due situazioni:

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	28 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



- il valore di F_a è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

Per quel che riguarda la valutazione degli effetti di amplificazione dovuti alla litologia la procedura semplificata di II livello richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- Litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- Sezioni geologiche, conseguente modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi stratigrafica del sito;
- Andamento delle Vs con la profondità;
- Spessore e velocità di ciascuno strato.

Per la definizione dell'andamento delle onde Vs, all'interno dell'abitato comunale di Capralba, sono state effettuate n. 4 indagini di sismica passiva mediante l'impiego di un tromografo digitale (HVSr).

5.2.1. Indagine HVSr - Tecnica di misurazione e strumentazione

La tecnica HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) consiste nel misurare direttamente, sfruttando il rumore di fondo ambientale (microtremori), le frequenze di risonanza degli edifici e dei terreni costituenti il sottosuolo, allo scopo di stimare gli effetti di sito e la vulnerabilità sismica dell'opera. Per rumore ambientale di fondo s'intende l'insieme delle vibrazioni che si propagano nel terreno dovute sia a fenomeni naturali, moto ondoso, perturbazioni atmosferiche, ecc., sia all'azione antropica, traffico veicolare, macchinari, ecc.. Si è riconosciuto, a partire dagli anni settanta, che i microtremori tendono a eccitare le frequenze naturali di oscillazione dei terreni, permettendone l'individuazione. In pratica ciò che viene misurato sono, in certo intervallo di frequenze, solitamente 0.1-100 Hz, le velocità dei

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	29 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



microtremori lungo il piano orizzontale e verticale (H e V) e il rapporto fra le due componenti (H/V). I valori di massimo locale (picchi positivi) di H/V ai quali corrispondono minimi locali di V individuano le frequenze di risonanza degli strati di terreno lungo la verticale di misura. Più elevato è il valore del rapporto H/V maggiore è il contrasto di impedenza sismica e quindi la variazione di velocità delle onde S fra livelli stratigrafici contigui. La tecnica HVSR richiede l'utilizzo di un tromografo digitale, cioè di un sismometro a stazione singola in grado di registrare i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), in un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 10-20 minuti). Il moto indotto nel terreno viene misurato in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z), secondo il passo di campionamento impostato dall'operatore. Le misure registrate vengono poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza, dove H è la media delle misure lungo X e Y) e spettri V (componente verticale del moto in funzione della frequenza). Attraverso la tecnica HVSR è possibile:

- valutare in maniera quantitativa gli effetti di sito (risposta sismica locale e liquefazione);
- ricavare il profilo delle velocità delle onde S con la profondità e calcolare il parametro V_{seq} ;
- analizzare la vulnerabilità sismica degli edifici, esistenti o in progetto.

Sono state effettuate 2 nuove indagini HVSR sull'intero territorio comunale, oltre ad un'altra reperita nell'archivio dello scrivente. L'ubicazione dei punti di indagine è riportato in Tavola 4.

5.2.2. Profilo onde S e classificazione del sottosuolo da NTC

Il D.M. 14.01.2008 (riconfermato dal D.M. 17.01.2018) propone come riferimento di calcolo dell'amplificazione sismica locale, in particolare della componente stratigrafica, un metodo semplificato basato sulla stima del parametro V_{seq} . Per V_{seq} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati di copertura fino alla H in cui giace il bedrock, caratterizzato da $V_s > 800$ m/s, calcolata secondo la relazione:

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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	30 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



dove H viene posto uguale a 30 metri nel caso in cui il bedrock si trovi a una profondità superiore. Sulla base del valore calcolato di V_{seq} vengono identificate 5 classi, A, B, C, D ed E alle quali corrispondono un differente spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO			
Categoria sottosuolo	Descrizione	Spessore (m)	Vs (m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.	Qualsiasi	≥ 800
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.	> 30 m	≥ 360 ≤ 800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.	> 30 m	≥ 180 ≤ 360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.	> 30 m	< 180
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.	Fino a 30 m	\approx C e D

Una valutazione del parametro V_{seq} può essere condotta attraverso l'inversione vincolata dello spettro H/V ricavata con il velocimetro triassiale. In pratica viene utilizzata la relazione che lega la frequenza di risonanza del terreno (f) alla velocità delle onde S nel terreno stesso (Vs):

$$f(Hz) = \frac{V_s}{4h}$$

dove h è la profondità della base dello strato. Nota la profondità di un singolo livello stratigrafico, solitamente il primo, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva sintetica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata. Normalmente i picchi alle alte frequenze (>10 Hz) segnalano la presenza di passaggi stratigrafici molto superficiali, quelli alle basse frequenze (<1 Hz) variazioni stratigrafiche profonde. Poiché le inversioni di velocità, cioè il passaggio andando in profondità da livelli veloci a livelli meno veloci, non da origine a picchi nello spettro H/V, queste non possono essere rilevate direttamente. Un indizio della presenza di inversioni di velocità può essere fornito però, indirettamente, dall'andamento dello spettro H/V: ampi intervalli di frequenza in cui costantemente il rapporto H/V si mantiene minore di uno sono spesso associabili a

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	31 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



variazioni negative delle velocità con la profondità. Si tenga presente infine che in realtà i microtremori sono costituiti in parte da onde di superficie e non solo quindi da onde di taglio, ma poiché le velocità dei due tipi di oscillazione sono confrontabili la procedura descritta può essere impiegata senza introdurre errori significativi. Si tenga presente infine che in realtà i microtremori sono costituiti in parte da onde di superficie e non solo quindi da onde di taglio, ma poiché le velocità dei due tipi di oscillazione sono confrontabili la procedura descritta può essere impiegata senza introdurre errori significativi.

5.2.3. Risultati analisi

I risultati dell'interpretazione dei tracciati delle indagini tomografiche sono riportate in Figura 17 dove sono rappresentate gli andamenti della frequenza e le rispettive velocità V_{seq} calcolate per ciascun punto di indagine. L'ubicazione dei punti di indagine è riportata in Tavola 1. I risultati restituiscono una situazione piuttosto omogenea con terreni classificabili di tipo C. L'andamento cumulativo di tutti i tracciati delle velocità è riportato in Figura 17. A parte una certa variabilità nella porzione più superficiale gli andamenti sono confrontabili.

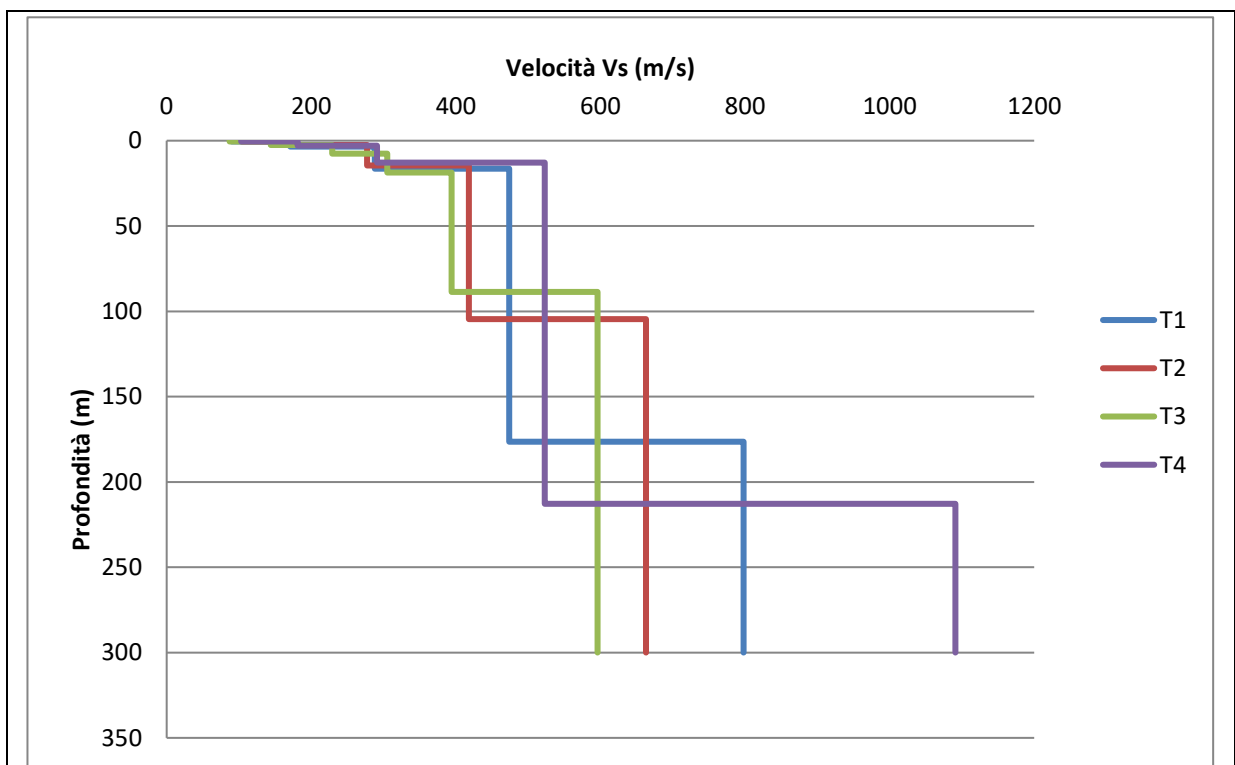


Figura 17 – Grafico andamento Vs con la profondità



5.2.4. Elaborazione di Il livello

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. Tutte queste informazioni sono state descritte nei paragrafi precedenti. Sulla base della natura litostratigrafica dei terreni indagati e dell'andamento delle Vs con la profondità relativo al modello sismico ricostruito nei siti in esame, la scheda litologica di riferimento più pertinente (vedi Allegato 5 della D.G.R. già citata) è risulta essere quella denominata "litologia sabbiosa" (Figura 18).

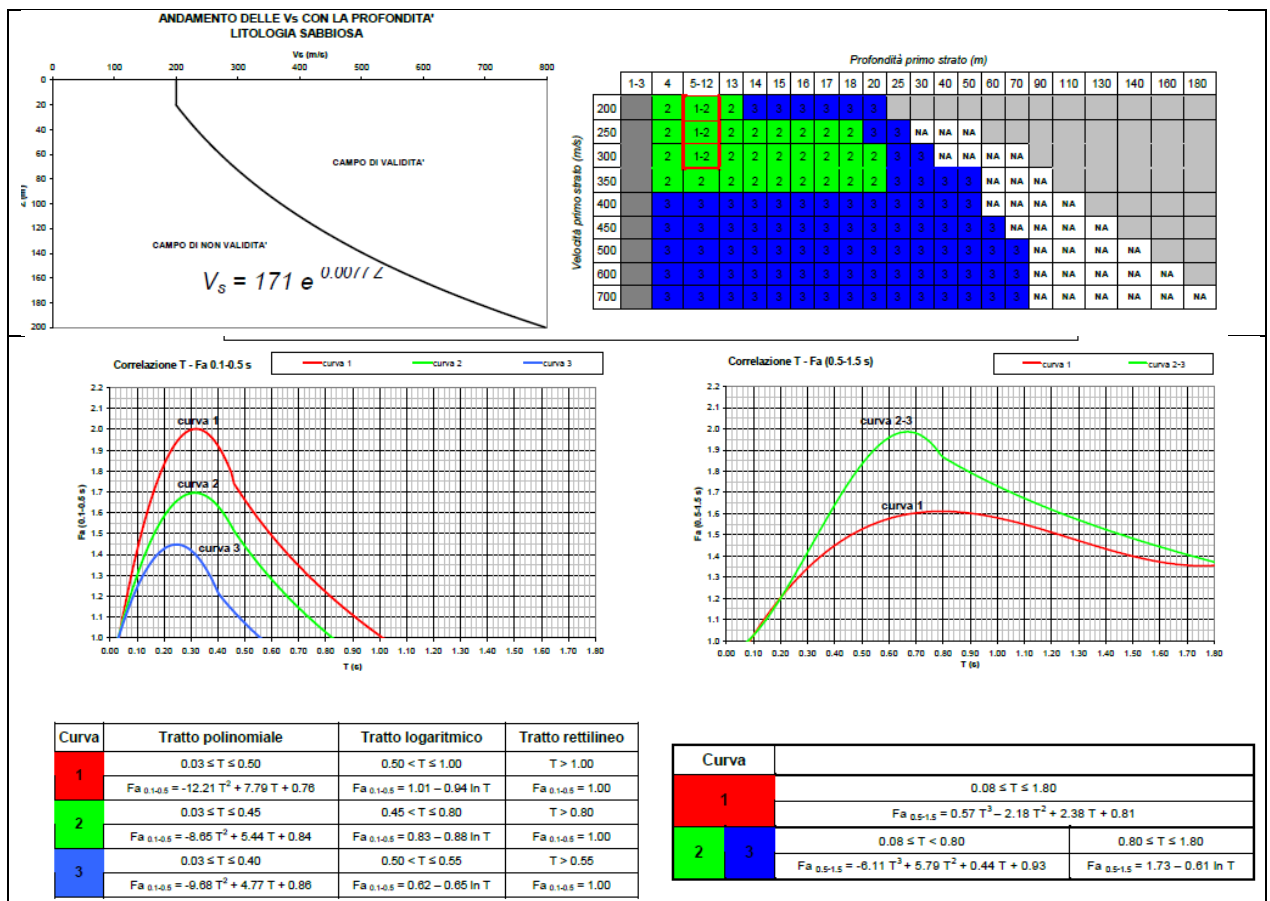


Figura 18 – Scheda litologica sabbiosa

La procedura prevede il calcolo del periodo T per ogni punto di indagine e quindi la scelta della curva più appropriata in funzione del profilo sismico rilevato. L'intersezione di queste informazioni permette di calcolare il valore del corrispondente fattore di amplificazione



Fa. Il risultato deve essere quindi confrontato con i valori soglia proposti dalla Regione Lombardia che per il Comune di Capralba assumono i seguenti valori:

	SUOLO B	SUOLO C	SUOLO D	SUOLO E
Periodo 0.1 – 0.5 s	1.4	1.8	2.2	2.0
Periodo 0.5 – 1.5 s	1.7	2.4	4.2	3.1

I risultati dell'elaborazione sono riportati nella seguente tabella.

ID PROVA	CATEGORIA SOTTOSUOLO	Vseq (m/s)	PERIODO FONDAMENTALE (s)	Fa 0.1-0.5	Fa 0.5-1.5
T1	C	313	1.74	1.0	1.4
T2	C	309	1.06	1.0	1.7
T3	C	280	0.97	1.0	1.7
T4	C	352	1.68	1.0	1.4

In tutti i punti di misura si ritiene valida la classificazione sismica vigente e quindi si potrà utilizzare lo spettro proposto dalla stessa e non procedere con le analisi di III livello. La classe di pericolosità sismica del territorio comunale di Capralba è quindi H2. Visto il numero ridotto dei punti di misura si consiglia per la progettazione dei nuovi edifici e delle opere infrastrutturali un approfondimento dell'analisi sismica per la valutazione delle condizioni di amplificazione locale sulla base di dati sito-specifici. Sarà facoltà del progettista, applicare nuovamente la procedura di 2° livello sulla base di indagini geofisiche sito-specifiche. La valutazione dell'attendibilità dei dati raccolti è stata eseguita secondo l'abaco predisposto dalla Regione (Figura 19).

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
Geofisici (Vs)	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Figura 19 – Attendibilità dei dati per analisi di II livello

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	34 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



6. PAI E PGRA

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni nel Distretto del Po (PGRA) è stato adottato con deliberazione 17 dicembre 2015 n. 4 e approvato in data 03.03.2016 con Deliberazione n. 2/2016 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e successivamente con DPCM 27 ottobre 2016 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n.30 del 06.02.2017). Nel Piano vengono individuate le aree potenzialmente esposte a pericolosità per alluvioni; inoltre è stimato il grado di rischio al quale sono esposti gli elementi che ricadono nelle aree allagabili e sono individuate misure per ridurre il rischio stesso, suddivise in misure di prevenzione, protezione, preparazione, ritorno alla normalità e analisi, da attuarsi in maniera integrata. La delimitazione e la classificazione delle aree allagabili sono contenute nelle Mappe di Pericolosità; sono previsti tre scenari di pericolosità:

- Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H);
- Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M);
- Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (aree P1/L).

Le aree allagabili riguardano quattro diversi "ambiti territoriali":

- Reticolo Principale di pianura e di fondovalle (RP);
- Reticolo Secondario Collinare e Montano (RSCM);
- Reticolo Secondario di Pianura naturale e artificiale (RSP);
- Aree Costiere Lacuali (ACL)

Nel Comune di Capralba si rilevano solo aree allagabili dal Reticolo Secondario di Pianura naturale e artificiale (RSP), mentre non sono presenti aree che ricadono all'interno delle fasce fluviali PAI. Nella carta di Tavola 2 sono state rappresentate le principali limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto idrologico e idraulico (PAI – PGRA). Le aree allagabili dal reticolo secondario si presentano con scenario poco frequente (M) e sono limitate ad una porzione del centro del capoluogo, dove presumibilmente gli eventi alluvionali segnalati si generano dalla compresenza di piena del reticolo idrico e di insufficienze della rete fognaria.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	35 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



7. VINCOLI

Nella carta di Tavola 3 sono state rappresentate le principali limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative cogenti e afferenti agli aspetti geologici, idrogeologici e idraulici. Nel Comune di Capralba sono presenti i vincoli di seguito descritti.

7.1. Aree di salvaguardia dalle opere di captazione dei pozzi

Le aree di salvaguardia dalle captazioni di acque sotterranee destinate al consumo umano sono regolate dal D.P.R. n° 236 del 24 maggio 1988, recepito dalla Regione Lombardia nella deliberazione di Giunta Regionale n° 6/15137 del 1 agosto 1996 e richiamato dalle disposizioni contenute nel D.LGS. 152/99 e successive modifiche e integrazioni (D.LGS. 258/00). Ai sensi di tali norme, al contorno di ciascun pozzo dell'acquedotto pubblico (in Comune di Capralba è solo uno), va definita una fascia di tutela assoluta, con un'estensione di raggio non inferiore a 10 m, da adibire elusivamente alle opere di captazione, e una zona di rispetto con raggio coincidente a quello della zona di tutela assoluta. Utilizzando il criterio geometrico tale zona ha un raggio non inferiore a 200 m.

7.2. Piano di Gestione del Rischio Alluvioni PGRA

La normativa di riferimento è la seguente: DGR X/6738 del 19 giugno 2017 - Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell'autorità di bacino del fiume Po. Il Piano ha come finalità quella di ridurre le conseguenze negative derivanti dalle alluvioni per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per 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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	36 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



rischio medesimo, suddivise in misure di prevenzione, protezione, preparazione, ritorno alla normalità ed analisi, da attuarsi in maniera integrata. Le aree allagabili individuate, per quanto concerne la Regione Lombardia, riguardano i seguenti “ambiti territoriali”:

- Reticolo secondario di pianura naturale e artificiale (RSP);

Le aree potenzialmente inondabili di nuova introduzione contenute nel PGRA integrano ed estendono il quadro conoscitivo del PAI. Nel dettaglio è stata rilevata un’area in riferimento all’Ambito Territoriale RSP – Reticolo Secondario di Pianura scenario M, ossia poco frequente. Il rischio correlato è rappresentato in Figura 20 dove il giallo indica un rischio basso (R1) mentre l’arancio un rischio medio (R2). Si ricorda che il massimo della scala è rappresentato dal valore R4.

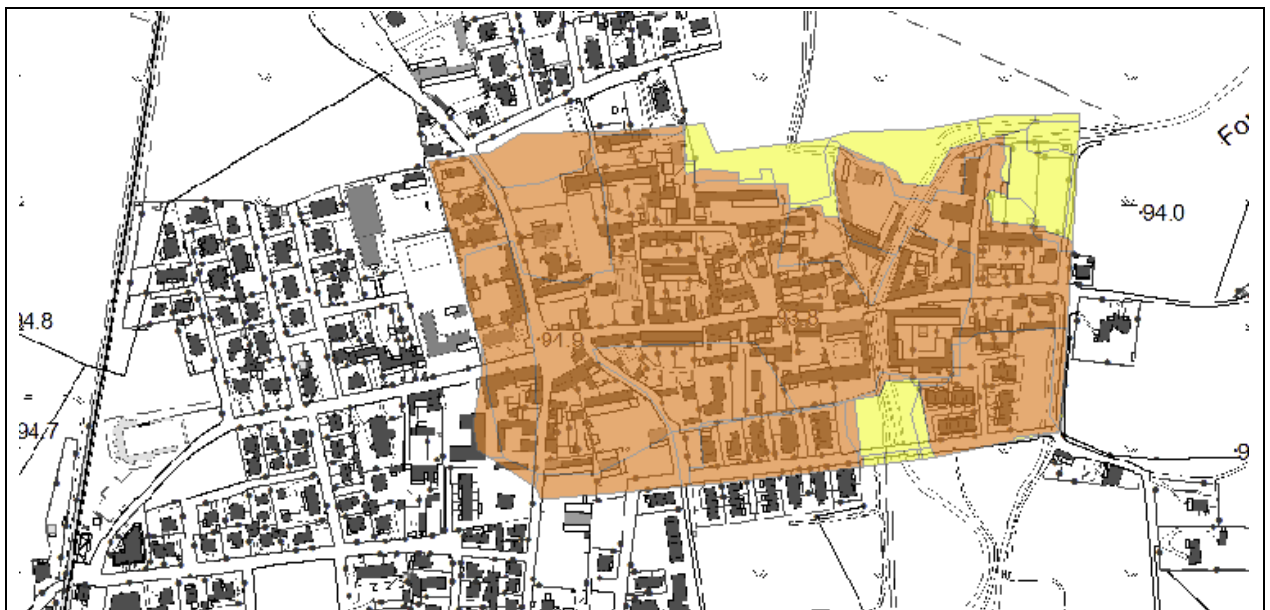


Figura 20 – Carta del rischio

7.3. Reticolo Idrico Minore

Per l'intero territorio comunale sono stati recepiti i corsi d'acqua già individuati all'interno dello studio geologico redatto dallo studio Agriter comprese le rispettive fasce di rispetto in cui si applicano le norme di Polizia Idraulica.

7.4. Fontanili

Il territorio comunale è caratterizzato dalla presenza di alcuni fontanili: importanti

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	37 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



manifestazioni idrogeologiche e vegetazionali, nonché testimonianza della vicenda evolutiva della civiltà agricola. Per tale motivo il PGT ha istituito una fascia di rispetto di 50 metri dalla testa del fontanile e per i primi 200 metri del canale emissario. E' stato valutato il vincolo espresso dal PTCP e si è rilevata la sostanziale corrispondenza dei posizionamenti.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	38 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



8. SINTESI

L'analisi delle condizioni di pericolosità geologica del territorio in esame è stata effettuata individuando delle porzioni di territorio omogenee sotto il profilo, appunto, della pericolosità riferita allo specifico fenomeno che la genera. A tale scopo si è ritenuto che la scala 1:10.000 adottata per le precedenti cartografie fosse sufficiente per una corretta rappresentazione della carta di sintesi (Tavola 4). Alla luce delle risultanze emerse nel corso dello studio durante la fase di analisi, nella legenda della carta di sintesi sono state definite le seguenti tipologie di ambito di pericolosità:

8.1. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

Aree a elevata vulnerabilità della falda

Sono state accorpate in questa classe le aree a vulnerabilità elevata dell'acquifero freatico. Considerata la modesta soggiacenza della falda e la permeabilità dei depositi superficiali l'area interessa tutto il territorio comunale. Il grado di vulnerabilità naturale è riferito esclusivamente all'acquifero freatico, mentre l'acquifero sfruttato ad uso idropotabile è collocato più in profondità ed è separato dal precedente da un setto a bassa permeabilità, la cui estensione è risultata omogenea su tutto il territorio comunale. La consultazione della documentazione redatta nell'ambito del Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA - 2016) ha però evidenziato la presenza di un'ampia area di ricarica del corpo idrico intermedio in corrispondenza del settore settentrionale e centrale del territorio comunale, che suggerirebbe una comunicazione tra l'idrostruttura superficiale e quella intermedia.

Aree con emergenze idriche

Sono state accorpate tutte le aree dove si ha la venuta a giorno della falda freatica, quindi sostanzialmente i fontanili. Sono aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico, considerata la sensibilità di queste strutture e del contesto che si crea al contorno, oltre a rappresentare delle vie preferenziali a possibili inquinanti della falda. Con riferimento ai fontanili nella cartografia sono state perimetrare le aree di pertinenza, per ogni fontanile tuttora attivo.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	39 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



8.2. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

Area allagabili definite nel PGRA (2022)

Sono state accorpate in questa classe le aree soggette a possibile allagamento così come cartografate dal PGRA.

8.3. Aree con mediocri caratteristiche geotecniche

Con riferimento a situazioni di pericolosità dal punto di vista geotecnico, sono state rilevate le aree dove è possibile la presenza di orizzonti meno consistenti o con frazioni fini prevalenti, anche in relazione alla scarsa soggiacenza della falda. Queste fattispecie è stata estesa all'intero territorio comunale.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	40 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



9. FATTIBILITÀ

Sulla base della valutazione complessiva degli elementi contenuti nella cartografia di sintesi sono state attribuite, a tutto il territorio comunale, le classi di fattibilità. In particolare, è stata redatta la carta della fattibilità geologica (Tavola 5) su base DBT regionale.

Nel presente studio è stato utilizzato il metodo standardizzato proposto dalla direttiva regionale che prevede l'attribuzione della classe di fattibilità attraverso due fasi. Nella prima fase è stato attribuito un valore d'ingresso nella classe di fattibilità per ciascun poligono definito dalla carta di sintesi facendo riferimento alla tabella 1 della direttiva. Successivamente, sulla base di valutazioni di merito tecnico si è aumentato o diminuito il valore della classe tenendo conto delle condizioni di pericolosità degli ambiti individuati. Tale analisi ha consentito di verificare che, nel Comune di Capralba, in relazione a tipologia e intensità del fenomeno che induce condizioni di rischio, sono presenti, e spesso coesistono, le classi descritte nei seguenti paragrafi. La carta di fattibilità geologica rappresenta pertanto lo strumento di base per accertare le condizioni limitative alla espansione urbanistica ed alla modifica di destinazione d'uso del suolo. La classificazione del territorio, rispetto alla fattibilità geologica delle azioni di piano, tiene conto della pericolosità, sia geologica che sismica dei fenomeni e del rischio conseguente, ed inoltre fornisce indicazioni generali in ordine agli studi ed alle indagini di approfondimento eventualmente necessarie. Al mosaico della fattibilità sono state inoltre sovrapposte con apposito retino trasparente le aree soggette ad amplificazione sismica locale desunte dalla carta di pericolosità sismica locale di Tavola 4. Oltre a quanto indicato, dovranno essere sempre applicati i disposti delle Norme Tecniche delle Costruzioni del 17/01/2018.

9.1. Classe 2 – Modeste limitazioni

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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	41 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



sottoclassi che meglio inquadrano la sensibilità dei luoghi.

9.1.1. CLASSE 2 – Mediocri proprietà geotecniche

Sono state inserite in questa sottoclasse le aree con depositi superficiali a mediocri proprietà geotecniche e ridotta soggiacenza della falda freatica, pertanto con modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Le criticità riguardano la capacità portante dei terreni e i cedimenti conseguenti, oltre alle possibili interferenze con la falda freatica. Per superare le problematiche è sufficiente realizzare approfondimenti puntuali di carattere geologico-tecnico ai sensi delle Norme Tecniche delle Costruzioni del 17/01/2018 ed eventuali successive modifiche. Il professionista incaricato dovrà effettuare indagini sitospecifiche mediante prove di campo commisurate alla consistenza dell'opera e comunque sufficienti a descrivere in modo esaustivo la natura e le proprietà meccaniche dei terreni di fondazione.

9.2. Classe 3 – Consistenti limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa. All'interno di questa classe sono state identificate delle sottoclassi che meglio inquadrano la sensibilità dei luoghi.

9.2.1. CLASSE 3a – Aree interessate da alluvioni poco frequenti

Ricadono in questa sottoclasse le aree identificate nel PGRA con gli scenari P2/M in riferimento all'Ambito Territoriale RSP – Reticolo Secondario di Pianura. Questa condizione determina consistenti limitazioni per problematiche di natura idraulica. In queste aree è necessario subordinare gli eventuali interventi edilizi alla realizzazione di uno studio di compatibilità idraulica. Tale studio è finalizzato a definire i limiti e gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità rilevate, in base al tipo di pericolosità e al

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	42 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



livello di esposizione locali. Detto studio può essere omesso per gli interventi edilizi che non modificano il regime idraulico dell'area allagabile, accompagnando il progetto da opportuna asseverazione del progettista (es. recupero di sottotetti, interventi edilizi a quote di sicurezza). E' inoltre vietata la realizzazione di piani interrati o seminterrati non dotati di sistemi di autoprotezione o di idonei accorgimenti edilizi dimensionati sulla base degli esiti dello studio compatibilità idraulica. I nuovi interventi dovranno favorire il deflusso/infiltrazione delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo, ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.

9.2.2. CLASSE 3b – Elevata vulnerabilità idrogeologica dell'acquifero

Ricadono in questa sottoclasse le aree a vulnerabilità dell'acquifero superficiale elevata che determinano problematiche di natura idrogeologica. Considerando la limitata soggiacenza della falda, si assegna la classe di fattibilità 3. E' necessario che gli studi di dettaglio, relativi ad interventi in queste aree, identifichino la posizione locale della falda superficiale, le sue escursioni stagionali e le eventuali condizioni locali di semiartesianità, dovute alla presenza di livelli semipermeabili. La relazione geologica dovrà definire l'incidenza della falda sulle fondazioni e sulla costruzione di progetto, così da evitare ingressione di acqua nei vespai e nei sottoservizi. Sono consentite tutte le tipologie di intervento edilizio nonostante si sconsigli la realizzazione di piani interrati e seminterrati; per le attività produttive/agricola potenzialmente idroinquinanti dovrà essere eseguita un'indagine idrogeologica che valuti il possibile impatto sulle acque sotterranee e che preveda, se necessario, l'adozione di accorgimenti in grado di tutelare la falda acquifera e che ne consenta il monitoraggio. La vulnerabilità idrogeologica da nitrati di origine agricola e zootecnica impone la stretta osservanza di quanto previsto dal "Programma d'azione regionale per la protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole nelle zone vulnerabili ai sensi della direttiva nitrati 91/676/CEE – 2020-2023" (D.g.r. 2 marzo 2020 - n. XI/2893).

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	43 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



9.3. Classe 4 – gravi limitazioni

La classe comprende le zone dove l'elevata vulnerabilità dei luoghi ne esclude di fatto l'edificabilità o il cambio d'uso. All'interno di questa classe sono state identificate delle sottoclassi che meglio inquadrano la sensibilità dei luoghi.

9.3.1. CLASSE 4 – Aree di emergenza della falda

Sono state inserite in questa sottoclasse le aree di emergenza idrica dei fontanili. Questa condizione determina gravi limitazioni per problematiche di natura idrogeologica. Si tratta di aree soggette ad una forte restrizione della fattibilità. All'interno di questa sottoclasse è esclusa qualsiasi nuova edificazione; sono consentite solamente opere tese al recupero e alla valorizzazione ambientale o alla sistemazione idrogeologica dei siti. La rappresentazione cartografica è simbolica e non identifica l'esatto perimetro della zona di tutela che dovrà essere definita attraverso il rilevamento di dettaglio direttamente in campagna.

9.4. Procedure per l'applicazione della normativa geologica

In caso di sovrapposizione di due o più classi, valgono le prescrizioni relative a tutte le classi individuate. Il riferimento alla fattibilità sarà alla classe più elevata. Si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa. Si sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste nel testo unico sulle costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018).

Gli interventi sul territorio, qualora determinino incidenza sulla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT, devono essere accompagnati dalla Relazione Geologica ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 che valuta la compatibilità dell'intervento in oggetto rispetto alla normativa geologica ed esegue i necessari approfondimenti.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	44 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



Sono fatte salve le disposizioni maggiormente restrittive rispetto a quelle indicate contenute nelle leggi dello Stato e della Regione, negli strumenti di pianificazione sovra comunale e in altri piani di tutela del territorio e dell'ambiente.

La normativa geologica è riportata nelle NTA del PGT.

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	45 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



10. INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

La Legge regionale sulla difesa del suolo, sulla prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e sulla gestione dei corsi d'acqua (l.r. n. 4 del 15 marzo 2016) ha come scopo principale l'attenuazione del livello di rischio idrogeologico al fine della tutela dei cittadini e delle attività economiche, attraverso iniziative capaci di mettere in sicurezza il territorio. La legge specifica e disciplina le attività di competenza di Regione Lombardia riguardanti la difesa del suolo, la gestione dei corsi d'acqua e del demanio idrico nel territorio regionale. Inoltre, stabilisce gli strumenti utili a realizzare tali attività per raggiungere gli obiettivi legati alla difesa del suolo, alla gestione del demanio idrico fluviale e al riassetto idraulico e idrogeologico. I principali temi che la legge affronta sono:

- gestione coordinata del reticolo idrico minore, di competenza comunale, e dei reticoli principale e consortile
- rispetto dell'invarianza idraulica, dell'invarianza idrogeologica e del drenaggio urbano sostenibile
- attività di polizia idraulica nel demanio idrico fluviale
- manutenzione continuata e diffusa del territorio, dei corsi d'acqua, delle opere di difesa del suolo, delle strutture e dei sistemi agroforestali di difesa del suolo
- ripristino delle condizioni di maggiore naturalità dei corsi d'acqua, recupero delle aree di pertinenza idraulica e riqualificazione fluviale
- riordino delle competenze sulla navigazione interna delle acque
- nuove competenze in tema di difesa del suolo per i Consorzi di bonifica e irrigazione.

Nel caso in studio, il tema d'interesse riguarda l'invarianza idraulica che in sintesi consiste nella limitazione dei deflussi delle acque verso il reticolo idrico o la fognatura in caso di realizzazione di nuovi edifici civili e industriali, di parcheggi e strade e di interventi di riqualificazione o comunque di trasformazione del suolo. Tutti gli interventi di nuova costruzione, ampliamento e ristrutturazione dovranno rispondere all'articolo n.7 che introduce il concetto ed apporta modifiche al testo della legge regionale n.12/2005 (Legge per il Governo del Territorio). Al comma 5, l'articolo fa riferimento al Regolamento (R.R. 7/2017 del

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	46 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



23.11.2017 – R.R. 8/2019 del 19.04.2019) contenete i metodi e i criteri per il rispetto dell'invarianza idraulica ed idrogeologica. Sulla base di diversi fattori indicati dal Regolamento i contenuti del progetto di invarianza configurano tipologie di studi via via più approfonditi (articolo 9) come rappresentato in Figura 21.

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFF. DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITA' DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (ARTICOLO 7)		
			AREA A - B	AREA C	
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0.03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi art.12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	Da > 0.03 a ≤ 0.1 ha (da > 300 a ≤ 1000 mq)	≤ 0.4	Requisiti minimi art.12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	Da > 0.03 a ≤ 0.1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0.4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		Da > 0.1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		Da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0.4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	Da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0.4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	

Figura 21 - Tabella 1 - RR 08/2019

Il comune di Capralba risulta inserito in area B a media criticità idraulica. Per il dimensionamento delle opere di invarianza idrologica e idraulica, con riferimento all'art. 8 del Regolamento, nei progetti di invarianza idraulica ed idrologica deve essere considerata una portata massima meteorica scaricabile nei ricettori di **20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile** dell'intervento. I volumi minimi di laminazione devono rispondere al rapporto di 500 m³/ettaro impermeabile.

Seniga 10.04.2024

Dr. Geol. Aletti Corrado

Documento firmato digitalmente

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2024	1	47 di 47
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				