



**ARETHUSA**

GEOLOGIA AMBIENTE TERRITORIO E SICUREZZA

committente:

## COMUNE DI CASTIGLIONE DELLE STIVIERE

incarico:

**Progetto definitivo per la realizzazione del  
Parco Pirossina  
(recupero ambientale dell'ex cava in  
località Pirossina con realizzazione di area  
feste)**

riferimento:

**RT4**  
**Relazione geologica**

ubicazione:

**Castiglione delle Stiviere (Mn)**

data:

**Marzo 2021**

a cura di:

**Responsabile tecnico: Dott. Ermanno Dolci – OGL n. 333**

**Relazione a cura di: Dott. Davide Masotti**



**ISO 9001**

LL-C (Certification)



**ISO 14001**

LL-C (Certification)

## **SOMMARIO**

1.0 Premessa .....	3
2.0 Localizzazione geografica dell'area .....	4
3.0 Inquadramento geomorfologico, geologico e geopedologico .....	5
3.1 Caratteri geomorfologici.....	5
3.2 Caratteristiche geologiche e pedologiche .....	8
3.2.1 Caratteristiche geologiche di dettaglio .....	13
3.2.2 Inquadramento sismico e fattibilità geologica.....	15
3.2.3 Verifica compatibilità geologica ai sensi della L.R. n. 12/2005.....	15
4.0 Inquadramento idrologico e idrogeologico.....	17
4.1 Sistema idrico superficiale.....	17
4.2 Modello stratigrafico e idrogeologico del sottosuolo .....	19
4.3 Morfologia piezometrica.....	22
4.3.1 Critica delle piezometrie .....	24
4.4 Vulnerabilità dell'acquifero .....	26
4.4.1 Vulnerabilità dell'acquifero - metodo DRASTIC.....	27
4.5 Presenza di recettori sensibili .....	33

## **1.0 PREMESSA**

L'Amministrazione Comunale di Castiglione delle Stiviere con Determinazione del Dirigenziale n. 921 del 11/11/2020 ha affidato ad Arethusa S.r.l. l'incarico per la progettazione definitiva per il recupero ambientale dell'ex cava in località Pirossina e realizzazione di un'area feste.

Con riferimento alla nota del Comune di Castiglione delle Stiviere con prot. 0051868/2020 del 26/11/2020, il presente documento costituisce lo "LA RELAZIONE GEOLOGICA".

L'incarico della società scrivente di redazione della suddetta relazione è finalizzato a valutare la compatibilità delle caratteristiche geologico, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area in funzione della tipologia di intervento.

Sono state eseguiti una serie di sopralluoghi dell'area nonché delle ricerche bibliografiche, in particolare nella documentazione tecnica pubblica e sulla base delle informazioni utili ricavate, sono stati elaborati dei risultati.

All'interno del documento viene descritta la natura geologica di un intorno significativo dell'area di progetto, vengono comparate le cartografie tematiche esistenti per determinare le caratteristiche morfologiche e la vincolistica insistenti nel sito e si conclude una sostanziale compatibilità geologica dell'intervento.

---

## 2.0 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DELL'AREA

L'area è ubicata sul settore meridionale del territorio comunale di Castiglione delle Stiviere (Mn), in particolare è situata ad est della frazione Gozzolina. Il sito è prossimo ai confini comunali di Medole a sud ed è raggiungibile direttamente percorrendo la S.P. 236 "Goitese" la quale transita a confine con l'area di proprietà lungo il confine settentrionale, come mostrato in

**Figura 1.**

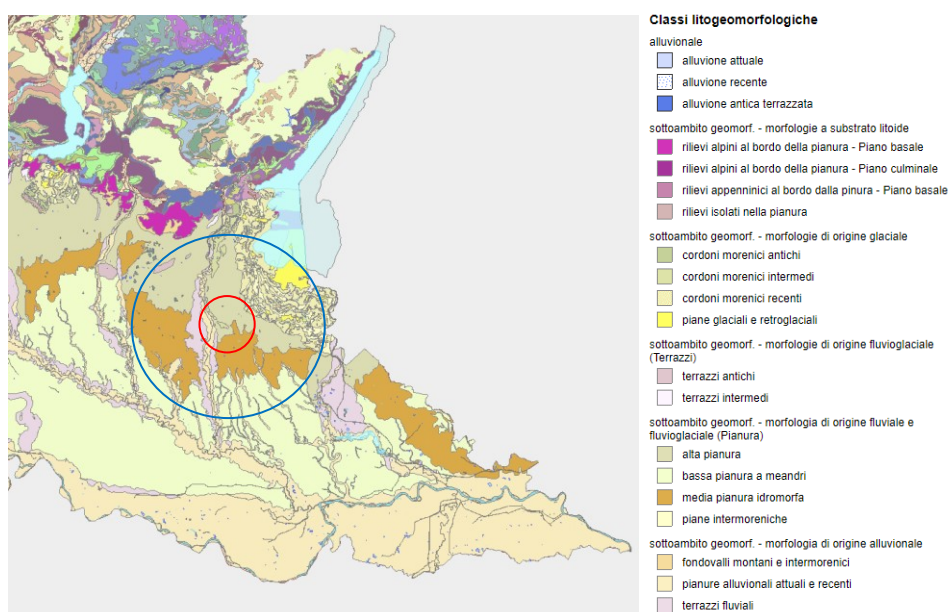


**Figura 1 - Ubicazione dell'area di intervento**

## **3.0 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO E GEOPEDOLOGICO**

### **3.1 Caratteri geomorfologici**

Considerando un intorno significativo dell'area, dal lago di Garda alle pianure del mantovano (**Figura 2**), l'assetto geomorfologico risulta essere legato principalmente ai seguenti processi morfogenetici quaternari: azione glaciale; azione fluviale e azione antropica.



**Figura 2** - Stralcio della carta geomorfologica regionale (Geoportale). Il cerchio blu indica l'area di intorno, il rosso l'ubicazione del comune di Castiglione delle Stiviere.

In corrispondenza della sponda meridionale del lago, le principali morfologie sono associate all'anfiteatro morenico del Garda. Tali forme si diversificano nell'alternanza di cordoni morenici, che si propagano dal lago di Garda con convessità verso la pianura, e piane inframoreniche. L'attuale configurazione di rilievi e piane riflette le varie fasi costruttive delle morfologie glaciali, in relazione alle oscillazioni delle fasi di avanzamento e ritiro fronte del ghiacciaio. Il risultato di tale il modellamento è una topografia collinare eterogenea, con quote comprese tra 50 e 350 m s.l.m. degradante verso sud. All'interno delle cerchie moreniche sono ubicate zone lacustri e palustri ormai prosciugate ma caratterizzate da drenaggio difficoltoso, in corrispondenza di depressioni topografiche.

Le morfologie di ordine glaciale sfumano senza soluzione di continuità a meridione a quelle determinate principalmente dall'azione morfogenetica fluvio-glaciale, fluvio-lacustre e fluviale. Queste morfologie hanno sovrapposto in alcuni casi le precedenti, tipicamente glaciali, creando intagli di cui rimane traccia sotto forma di corsi d'acqua anastomizzati o estinti. Le morfologie più diffuse sono terrazzi alluvionali con altezze variabili da metriche a decametriche.

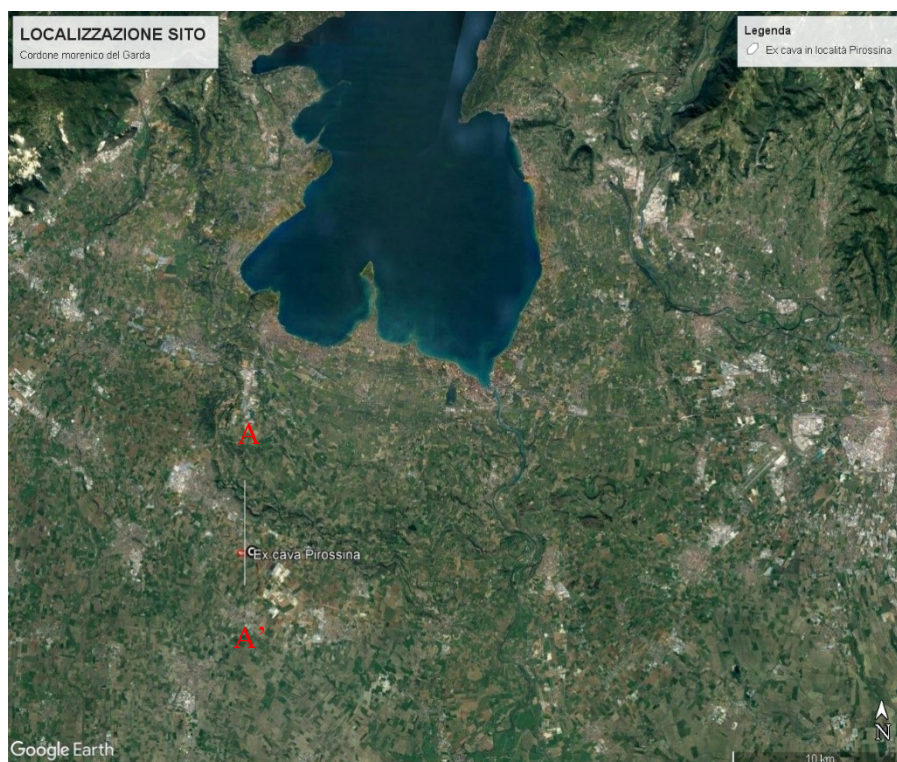
In queste aree di transizione da dominio glaciale a fluviale sono presenti conoidi alluvionali demarcati da una improvvisa variazione del gradiente topografico, il cui punto di origine è posto in corrispondenza delle bocche degli scaricatori fluvio-glaciali, che si manifestano in tipici depositi disposti a ventaglio, con pendenze fino all'1,5%. Il corpo delle conoidi è formato da litofacies ghiaiose e sabbioso-ghiaiose in funzione dell'energia di trasporto del corso d'acqua che le ha generate.

Oltre l'anfiteatro morenico, verso sud, si apre l'alta pianura proglaciale che è caratterizzata da facies a canali a meandri che sfuma in pianura idromorfa prima e intramorenica poi.

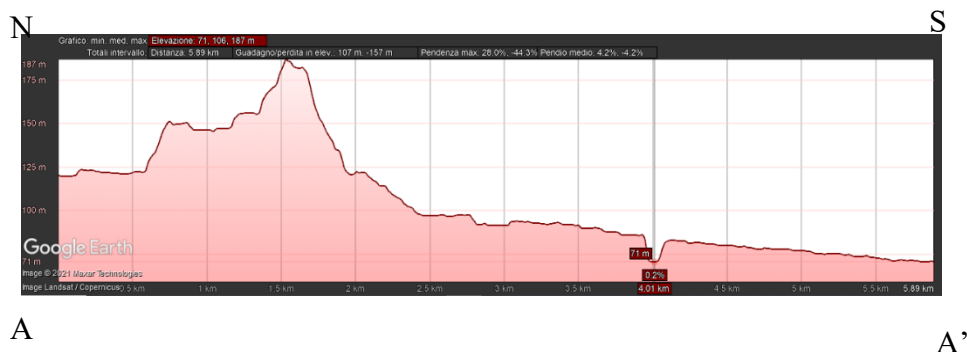
Sotto il profilo geomorfologico, la porzione settentrionale del comune di Castiglione delle Stiviere ricade nel contesto dell'anfiteatro morenico del lago di Garda. I cordoni morenici in questa zona, non superano i 200 m di altitudine e hanno forme arrotondate e versanti poco ripidi. Interamente al sistema morenico, si frappongono piane a blanda ondulazione delimitate da scarpate di erosione; queste hanno andamento irregolare e furono generate dall'azione erosivo-depositiva degli scaricatori fluvio-glaciali. Oltre l'apparato morenico, in direzione sud, si apre la piana fluvio-glaciale con vergenza rivolta a sud.

Nella **Figura 3** viene mostrata una immagine generata da Google Earth, in cui è ben visibile la morfologia del cordone morenico a sud del lago di Garda che degrada verso la piana. Viene presentato un profilo topografico, lungo ~6 Km, orientato nord-sud, passante per la ex cava Pirossina, che esemplifica la topografia risultante dai processi geomorfologici sopra citati, da nord a sud troviamo: i terrazzamenti creati dall'avanzamento-ritiro del ghiacciaio, le colline del cordone morenico (massimo topografico), la piana fluvio-glaciale al cui interno un minimo relativo locale rappresenta la ex cava Pirossina.





**Figura 3** - Localizzazione del sito. In traccia viene mostrata la sezione A-A' che interessa il territorio del comune di Castiglione delle Stiviere, con andamento N-S, passante per il sito di interesse.

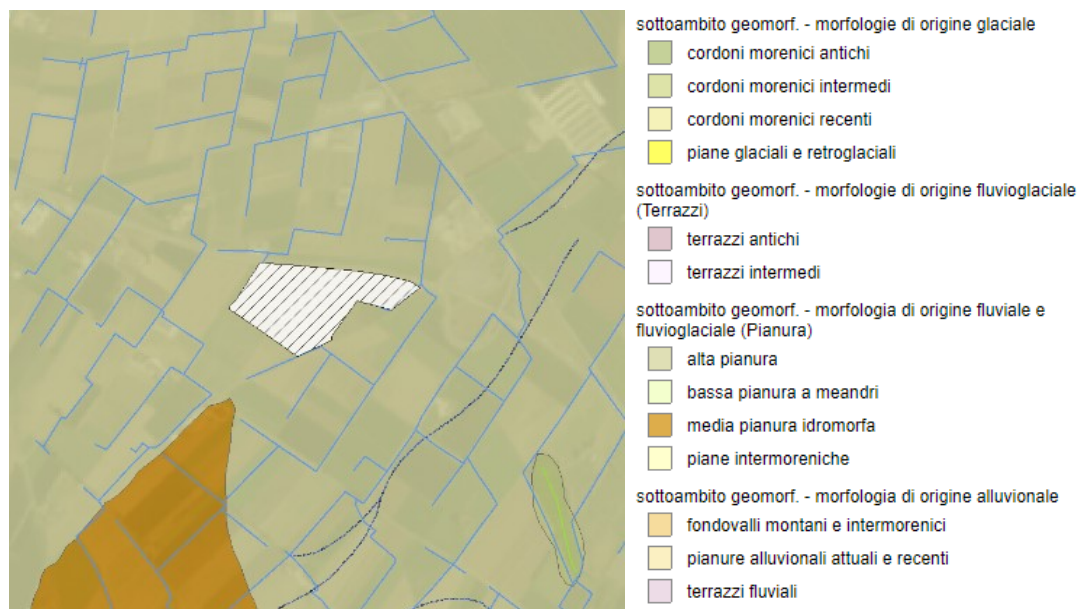


**Figura 4** - Sezione topografica A-A' con orientamento N-S.

L'area interessata dal progetto ricade nell'ambito geomorfologico di alta pianura di origine fluviale e fluvioglaciale; si ricorda che trattasi di un'area ribassata con scarpate di origine antropica derivate da attività estrattiva pregressa ed attualmente interrotta.

Né il sito di progetto, né gli immediati intorno sono oggetti di fenomeni di dissesto geomorfologico; l'area di interesse è indicata nella Carta Geomorfologica Applicata del Geoportale della Lombardia come area di cava. Per quanto riguarda l'immediato intorno dell'area interessata dal progetto, le aree limitrofe sono caratterizzate da un paesaggio ad

uso prevalentemente agricolo, appartenenti al sottoambito geomorfologico dell'alta pianura. A sud, nel territorio di Medole, inizia il dominio del sotto ambito geomorfologico della media pianura idromorfa. Nella Carta Geomorfologica Applicata del Geoportale della Lombardia l'area di cava è indicata in bianco con retino barrato obliquo, l'alta pianura circostante in verde chiaro e la media pianura idromorfa in arancione, come mostrato in **Figura 5**.



**Figura 5** - Stralcio della Carta Geomorfologica Applicata della Lombardia dell'area dell'ex cava Pirossina, comune di Castiglione delle Stiviere. Fonte: Geoportale della Lombardia

### 3.2 Caratteristiche geologiche e pedologiche

Per comprendere l'evoluzione geologica locale che interessa il territorio del comune di Castiglione delle Stiviere è necessario caratterizzare un'introno regionale e cronologico significativo, esaminando così l'area in termini di domini geologici e i processi in termini di periodi geologici.

Il dominio di appartenenza è il Dominio Sudalpino, durante il Triassico questa zona fu caratterizzata da una tettonica distensiva, che causò la formazione di alti e bassi strutturali lungo una direttrice nord-sud. Successivamente, nel Cretaceo si assiste alla formazione di promontori nella parte meridionale del dominio, la fase distensiva prosegue nel Dogger, epoca nella quale la regione viene sommersa.

Durante il Touriano si passa a una tettonica di tipo compressivo e durante l'Eocene avviene la formazione completa della catena alpina, a seguito della collisione della zolla africana con quella europea.

Nel corso del Pleistocene il bacino è colmato da depositi fluvioglaciali e fluviali, che contribuirono a una forte subsidenza, aumentando progressivamente lo spazio deposizionale. In questo periodo si stima che lo spessore dei depositi nella media pianura padana raggiunga lo spessore di 1500 m.



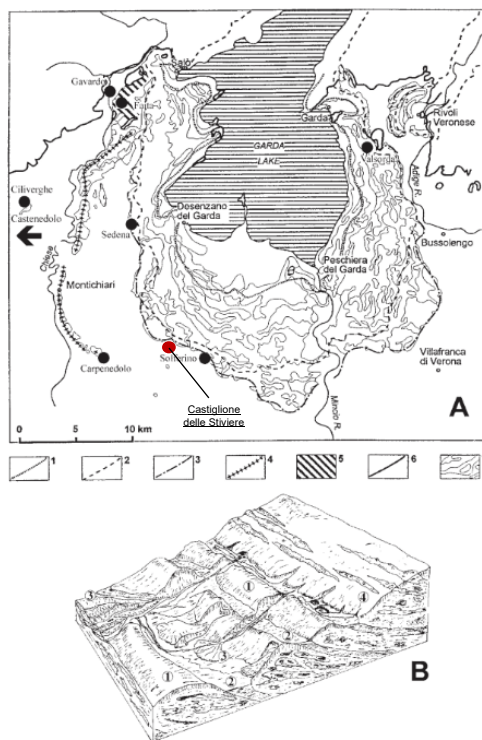
Dall'inizio del Pleistocene inizia l'emersione della Pianura Padana che subisce una serie di trasformazioni morfodinamiche che determinano e completano la progressiva evoluzione da ambiente deposizionale di tipo marino, a lagunare prima e continentale poi.

Il passaggio da ambienti deposizionali di acqua salata ad ambienti deposizionali di acqua dolce è oggi testimoniato dai sedimenti a 350-400 m di profondità.

Successivamente l'area subisce dei profondi processi morfogenetici continentali relazionati a eventi climatici globali, le glaciazioni, che hanno impresso nel paesaggio significative evidenze.

In corrispondenza dell'inizio dell'Olocene si assiste alla fine di cinque periodi glaciali: Donau, Gunz, Mindel, Riss e Wurm. L'opera di modellamento dei ghiacciai ha trasformato il territorio in particolare nella zona del lago di Garda.

L'assetto cronostratigrafico del cordone morenico del lago di Garda ha i suoi componenti più recenti nella sua parte interna, **Figura 6**.



**Figura 6** - Evoluzione dei cordoni morenici del Garda, (M.B. Cita Et Al., 2006). In rosso viene mostrata l'ubicazione del comune di Castiglione delle Stiviere

In corrispondenza della sponda occidentale del lago fino alla zona settentrionale del comune di Castiglione delle Stiviere, l'andamento del cordone morenico è N-S, per poi virare con andamento generale E-O.

Lo smantellamento dei cordoni mideliani ha determinato la deposizione nelle piane intramoreniche a opera dei torrenti fluvio-glaciali durante lo scioglimento delle masse glaciali. Il ritiro del ghiacciaio ha causato la formazione di ampi ripiani tra i rilievi morenici. La formazione dei corsi fluvio-glaciali ha rimodellato il paesaggio smantellando

parzialmente i cordoni morenici depositati precedentemente, in conseguenza a ciò talora le cerchie moreniche appaiono discontinue. Esternamente l'anfiteatro morenico si aprono le pianure alluvionali alimentate dalle acque di disgelo della fase post-wurmiana, che depositarono litologie smantellate più a nord.

Nella fase post-glaciale i residui dell'erosione dell'apparato morenico e dei depositi glaciali verranno redistribuiti da canali deposizionali di tipo fluvioglaciale e fluviale nelle zone esterne. Allontanandosi dagli apparati morenici, compaiono prima conoidi ciottoloso-ghiaioso-sabbiose prima, tipiche dell'alta pianura; oltre si formano i depositi limoso-argillosi della media e bassa pianura.

L'assetto attuale della pianura mantovana è caratterizzato da quattro aree distinte definite a livello geolitologico che riflettono sostanzialmente gli eventi geologici e gli stili deposizionali sopra descritti. Queste aree sono:

- Alta pianura pedemorenica
- Antichi scaricatori fluvioglaciali
- Media pianura
- Bassa pianura alluvionale

La pianura pedemorenica è caratterizzata da sedimenti grossolani del Würmiano, intervallati da sedimenti di origine precedente rappresentanti periodi di stasi durante le fasi di costruzione della pianura.

La media pianura presenta sedimenti di granulometria media nella porzione settentrionale che degradano a sedimenti medio-fini nella porzione meridionale della bassa pianura. In questo livello si ritrovano i solchi prodotti dagli scaricatori fluvioglaciali derivanti dall'anfiteatro morenico del Garda. Tali solchi sono stati riempiti da eventi deposizionali successivi da materiale più fine, non coerente con i sedimenti adiacenti più antichi. Le unità geologiche affioranti sono principalmente di origine morenica cronologicamente comprese tra il Pleistocene e l'Olocene. Dall'Olocene l'opera dei corsi d'acqua ha modellato il territorio, redistribuendo il prodotto dell'erosione dell'apparato morenico, in depositi più a valle.

Nell'area di interesse della ex cava Pirossina, affiorano sedimenti grossolani di origine fluvioglaciale e fluviale, da est verso ovest, prima Fg<sup>R2</sup> e Fg<sup>R1</sup> poi, come mostrato in **Figura 7**. Nell'intorno immediato si sono depositate delle conoidi a Nord e a ovest, nella frazione di Gozzolina, alluvioni prevalentemente sabbiose fluvioglaciali e pluvioglaciali, pI<sup>w</sup>.

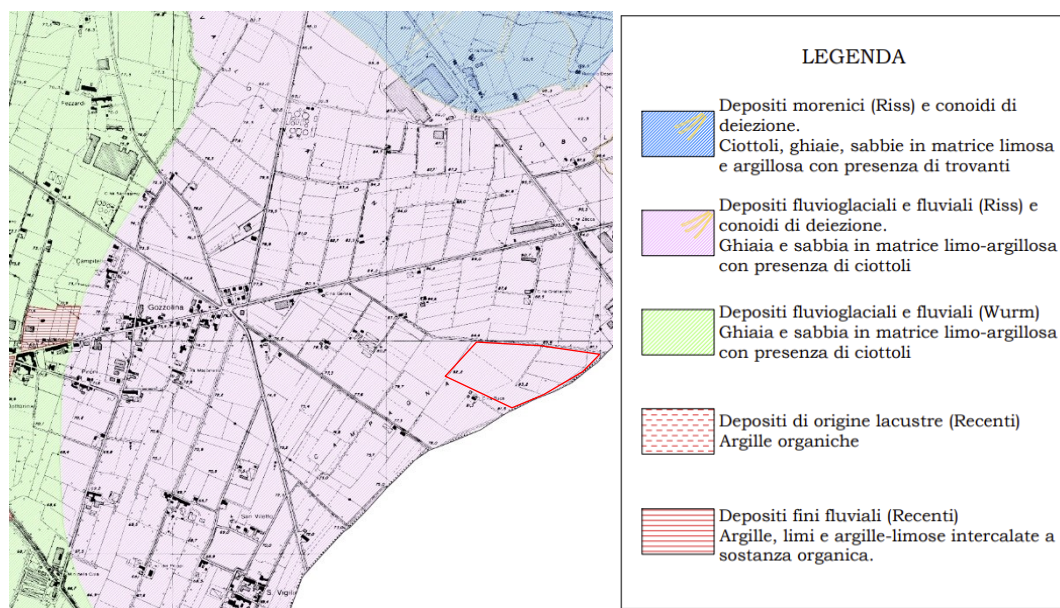


**Figura 7** - Stralcio della Carta Geologica 1:100000 RoVA (F° 35) e relativa legenda. In rosso è evidenziata l'area di interesse.

La genesi geologica delle unità affioranti di questa porzione della pianura mantovana è quindi principalmente correlata alle avanzate glaciali del Quaternario; le testimonianze di tali eventi non sono solo testimoniate dalle morfologie superficiali, dalle unità geologiche affioranti e anche dai depositi.

Nella carta della litologia di superficie del comune di Castiglione delle Stiviere, come mostrato in **Figura 8**, l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di depositi fluvio-glaciali e fluviali (Riss), in genere ghiaia e sabbia in matrice limo-argillosa con presenza di ciottoli.





**Figura 8 - Tav. n. 1** Carta della litologia di superficie, da P.G.T del Comune di Castiglione delle Stiviere Aggiornata 26/6/2015. In rosso è evidenziata l'area di interesse.

La componente geopedologia è frutto della alterazione delle unità geologiche e dei depositi sopra citati. Secondo la classificazione operata dal Servizio del Suolo dell'Ersal nella zona insistono:

Unità della piana fluvio-glaciale:

- LG1 – superfici rappresentative dell'alta pianura ghiaiosa, a morfologia subpianeggiante e con evidenti tracce paleoidrografia a canali intrecciati. In prossimità dei principali solchi vallivi la morfologia è caratterizzata da ampie ondulazioni.
- LG2 – paleoavei o depressioni di origine torrentizia, privi di sedimentazione attiva, delimitati da orli di terrazzo o raccordati alla pianura. Comprendono gli ampi fondovalle generati dall'antica azione degli scaricatori fluvio-glaciali.

### **3.2.1 Caratteristiche geologiche di dettaglio**

Informazioni circa la natura litologica del terreno sottostante all'area di progetto derivano da un sondaggio geognostico eseguito nel 2007 in località Gazzolina. Le informazioni salienti di tale sondaggio sono: natura del terreno sabbiosa, con componente subordinata e variabile di ghiaia e limo e livello della falda a 1,70 m dal p.c. L'ubicazione della prova è mostrata in

**Figura 9**, mentre la stratigrafia è presentata in

**Figura 10.**

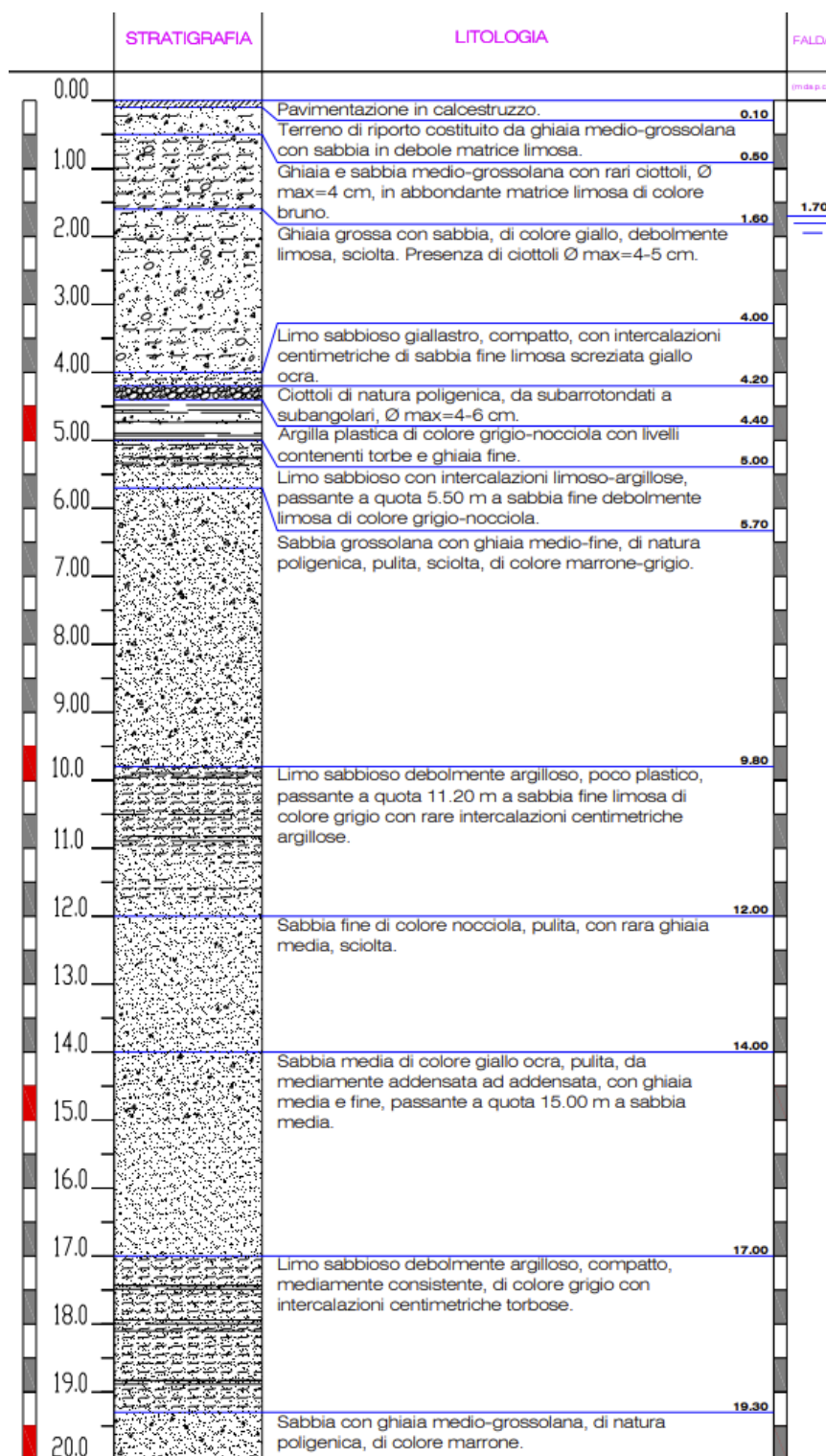


**Figura 9** - Ubicazione del sondaggio a carotaggio continuo, eseguito da S.in.ge.a S.r.l. in data 15-16/02/2007 in località Gazzolina



**Comune Castiglione delle Stiviere (MN)**

*Progetto definitivo per la realizzazione del Parco Pirossina (recupero ambientale dell'ex cava in località Pirossina con realizzazione di area feste)*



**Figura 10** - Stratigrafia nel dettaglio del sondaggio a carotaggio continuo, dalla relazione geologica del P.G.T. Castiglione delle Stiviere, a cura del Dott. Geol. Rosario Spagnolo, maggio 2008.

### **3.2.2 Inquadramento sismico e fattibilità geologica**

La Regione Lombardia ha definito le linee guida e le procedure operative per la valutazione degli effetti sismici di sito a cui uniformarsi nella definizione del rischio sismico locale (D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566): “*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 legge regionale 11 marzo 2005 n. 12*”. Il comune di Cappella Cantone è stato classificato in Zona Sismica 3 ai sensi della D.G.R. n. X/2129 del 11/07/2014 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000, art. 3, c. 108, lett. d).

Nel rispettivo studio geologico di supporto al PGT comunale per l’individuazione degli scenari di pericolosità sismica locale si è fatto riferimento alla tabella 1 dell’Allegato 5 alla D.G.R. n. IX/2616 del 30/11/2011, mostrata in **Figura 11**.

L’area di progetto come il resto del territorio comunale presenta uno scenario di pericolosità sismica Z4a “Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi” e Z3a “Zona di ciglio  $H > 10$  m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica”.

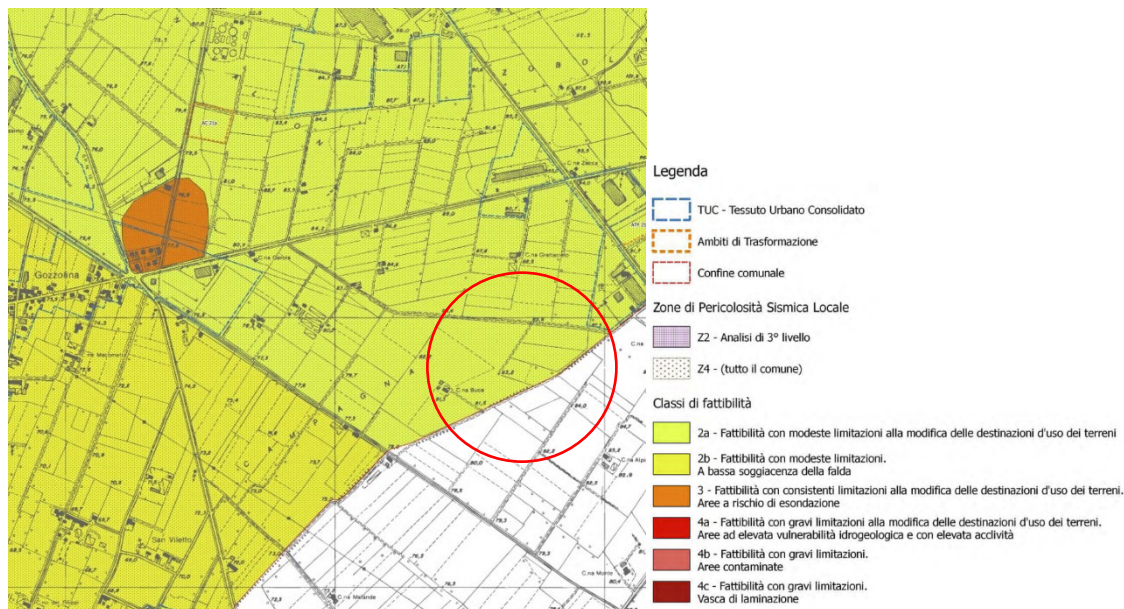
Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio $H > 10$ m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

**Figura 11** - Scenari di pericolosità sismica locale e relativi effetti

### **3.2.3 Verifica compatibilità geologica ai sensi della L.R. n. 12/2005**

Il Piano di Governo del Territorio del Comune di Castiglione delle Stiviere è stato approvato con la deliberazione C.C. n°43 del 11.06.2009 e recentemente è stata approvata la variante con deliberazione C.C. n°42 del 21.04.2017.

Al sito di progetto viene assegnata una classe di tipo 2A “fattibilità con modeste limitazioni alla modifica della destinazione d’uso dei terreni” (**Figura 12**), a causa dello stato di saturazione dei terreni di substrato.



**Figura 12** - Stralcio della tav. n. 7B Carta geologica di fattibilità allegata al P.G.T del Comune di Castiglione delle Stiviere aggiornata aprile 2017. In rosso è evidenziata l'area di interesse.

In questi ambiti, le NTA geologiche di piano (Art. 7) prevedono che:

*Viene riconosciuta una limitazione (seppur di modesta entità) per le superfici ribassate rispetto al piano originario (Livello Fondamentale della Pianura) a seguito di attività estrattiva. Indipendentemente dalle caratteristiche geotecniche dei terreni, la limitazione di queste superfici deriva dalla modesta soggiacenza della falda; sarà quindi prevedere che:*

- 1. In fase di progettazione di nuove strutture ed opere di fondazione, oltre a quanto già previsto dall'art. 1 delle presenti norme, si dovrà considerare come la presenza di acqua sotterranea a limitata profondità (mediamente inferiore a 2 m) contribuisca ad una saturazione del sedime di fondazione e a un generale peggioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni.*
- 2. Nel caso di nuovi interventi edilizi che prevedono piani interrati, sarà obbligatorio eseguire specifiche indagini di tipo idrogeologico e piezometrico al fine di valutare la profondità della falda e le sue possibili escursioni ed adottare idonei accorgimenti costruttivi (impermeabilizzazioni, isolamenti, ecc.) per le strutture in progetto.*
- 3. Le indagini e gli studi geologici-idrogeologici di cui ai commi precedenti dovranno essere effettuati preliminarmente ad ogni intervento edificatorio e sono complementari e non sostitutivi di quelli previsti dal D.M. 14.01.2008 e s.m.i..*

In funzione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del sito dell'intervento, non sussistono controindicazioni all'inserimento del progetto in questione, fatto salvo quanto previsto dal Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 17/01/2018.

## **4.0 INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO**

### **4.1 Sistema idrico superficiale**

La rete idrografica superficiale del comune di Castiglione delle Stiviere è differenziata sulla base della geomorfologia locale e del conseguente uso del suolo. La zona settentrionale, interessata dall'apparato morenico, ha sviluppato un'agricoltura intensiva di viti, alberi da frutto, colture che necessitano di irrigazione localizzata e temporizzata, anche attraverso prelievo da pozzi. Invece nella parte pedecollinare l'agricoltura a cereali di tipo estensivo, si è impostata una fitta rete di canali e fossi che distribuisce le acque nel periodo estivo e per bonifica o scolo nel periodo autunnale e primaverile.

Il corso d'acqua principale nel territorio comunale è il Vaso Riale, che attraversa in senso longitudinale il territorio, ricalca un preesistente scaricatore fluvioglaciale e si origina alla convergenza del Rio Albana e Rio Albanella nel bacino interno delle cerchie Moreniche.

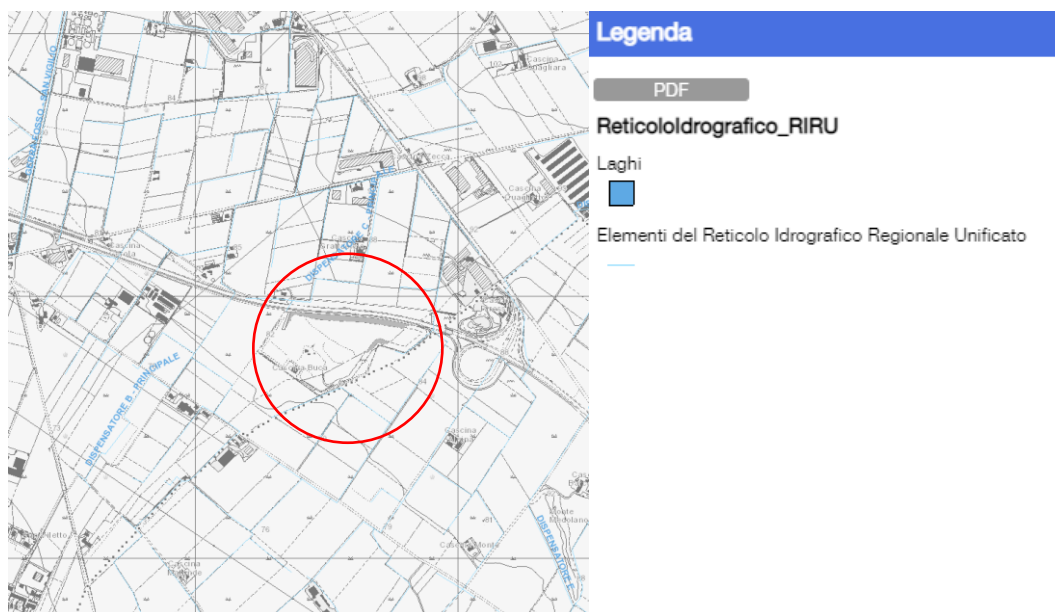
I bacini imbriferi che sottendono il sistema Vaso Riale-Rio Albana-Rio Albanella sono permeabili, con bassa capacità di deflusso; la principale fonte di alimentazione sono le acque meteoriche derivanti dai bacini morenici interni, costituiti in larga parte da depositi sabbioso-ghiaiosi. Solo durante eventi meteorici particolarmente intensi e prolungati si presentano criticità di sezione drenante con conseguente allagamento ed alluvionamento delle aree più localmente depresse.

Il comune di Castiglione delle Stiviere è provvisto della mappatura ed individuazione del reticolo idrico minore di competenza comunale e del relativo regolamento di polizia idraulica come prescritto dalla delibera n. 7/7868 e successiva DGR 7/13950 del 2003, individuando i corsi d'acqua e le relative fasce di rispetto. Dallo studio della documentazione cartografica a corredo del P.G.T. emerge che nei pressi del sito di indagine è presente una rete articolata di elementi irrigui, principalmente artificiali, ad uso agricolo con carattere di temporaneità, variabilità di specifiche e tragitto in relazione alle esigenze di natura agroindustriale. In particolare, nell'area di introno sono presenti i dispensatori principali A, B, C, D ed E come mostrato in **Figura 13**.



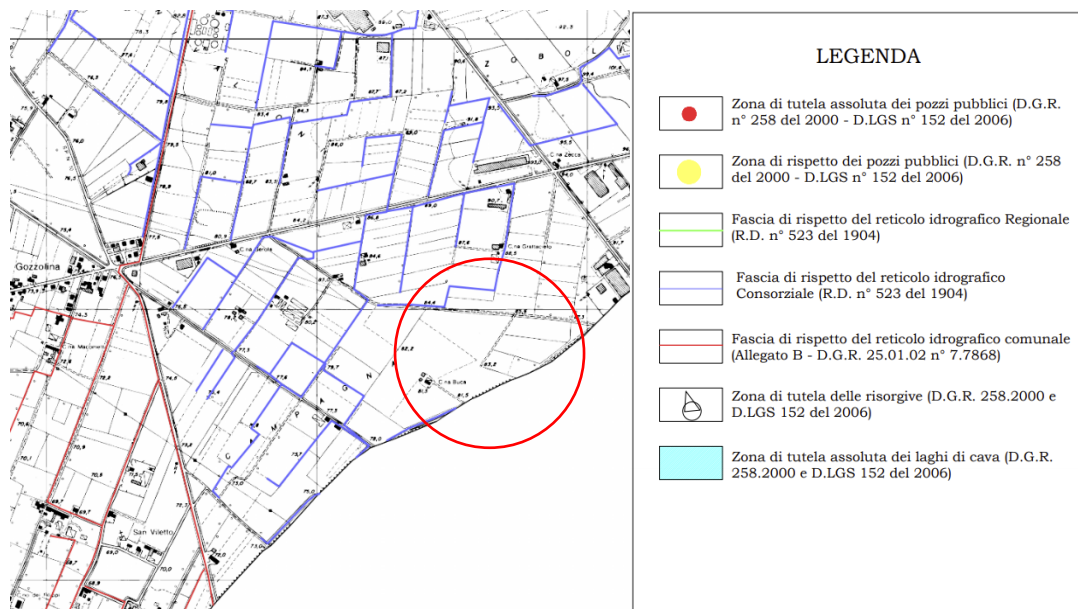
## Comune Castiglione delle Stiviere (MN)

Progetto definitivo per la realizzazione del Parco Pirossina (recupero ambientale dell'ex cava in località Pirossina con realizzazione di area feste)



**Figura 13** - Stralcio carta del Reticolo Idrografico Regionale - Geoortale Lombardia.. In rosso è evidenziata l'area di interesse.

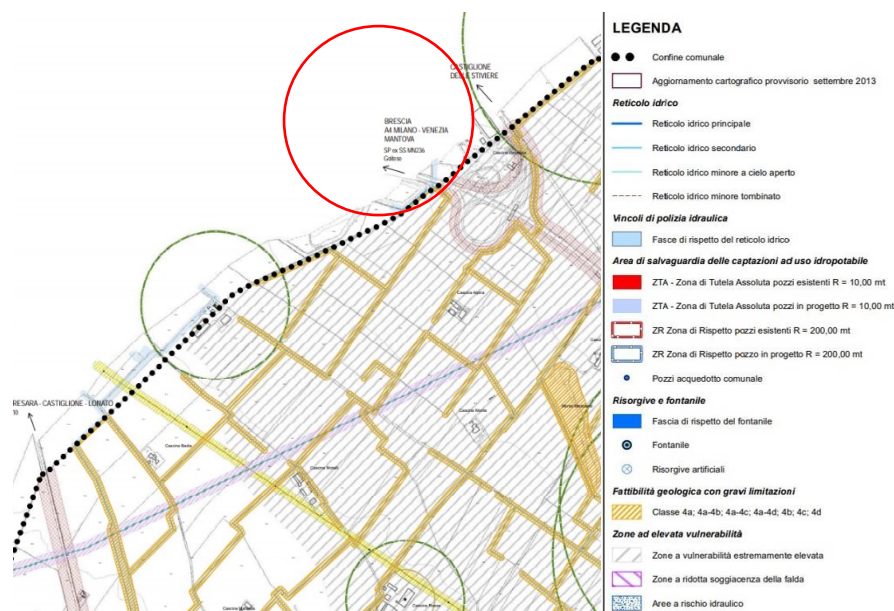
Dallo studio della tavola 05 “Carta dei vincoli” allegata allo studio geologico del P.G.T., emerge che non sussistono vincoli derivanti dal reticolo idrografico per l’area in esame come mostrato in **Figura 14**.



**Figura 14** - Stralcio tratto dalla tav. n. 05 “Carta dei vincoli” allegata al P.G.T del Comune di Castiglione delle Stiviere aggiornata ad aprile 2015. In rosso è evidenziata l'area di interesse.



Al fine di una corretta analisi territoriale viene considerato un intorno extra comunale, nel territorio di Medole; dall'esame della cartografia si conferma l'assenza di vincoli sull'area in esame, come mostrato in **Figura 15**.



**Figura 15** - Stralcio tratto dalla tav. n. 7.1 Carta dei vincoli amministrativi allegata al P.G.T. del Comune di Medole aggiornata a marzo 2014. In rosso è evidenziata l'area di interesse.

## **4.2 Modello stratigrafico e idrogeologico del sottosuolo**

A livello regionale l'area appartiene al sistema acquifero della Pianura Padana. Questo sistema idrogeologico è composto principalmente da materiali sciolti ghiaioso sabbiosi intercalati a depositi limoso argillosi di origine diversificata: fluviale, glaciale e morenica. All'interno del sistema idrogeologico si sono distinte n. 5 unità idrogeologiche sulla base di parametri litostratigrafici profondi, piezometrici, idraulici e idrochimici. Le unità presentano talvolta affinità tra loro e spesso il confine di una nell'altra appare sfumato più che netto.

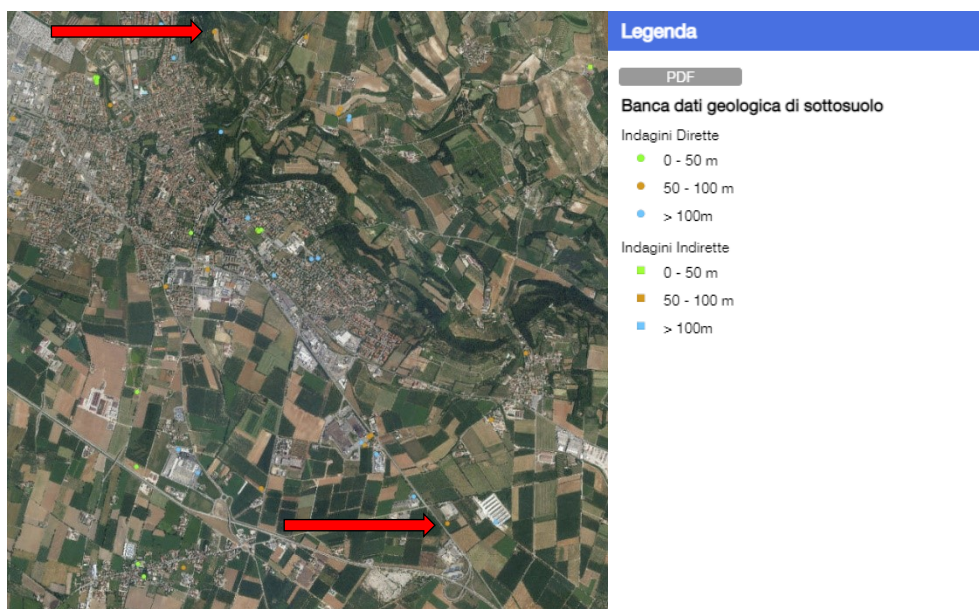
Vengono individuate nel territorio comunale di Castiglione delle Stiviere due unità idrogeologiche:

1. Unità delle Colline Moreniche
2. Unità Pedecollinari

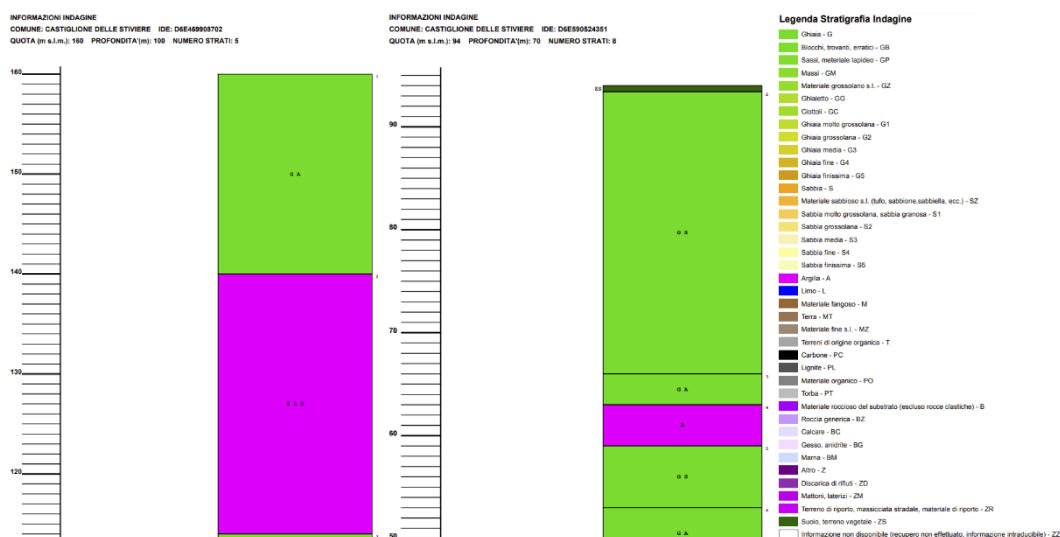
Tale suddivisione è suffragata da caratteristiche idrauliche riscontrabili in pozzi pubblici e privati, come mostrato in

**Figura 16**. Per completezza di informazioni vengono mostrate le stratigrafie di due pozzi esemplificativi per le unità idrogeologiche descritte in

**Figura 17.** Infine, vengono presentate due sezioni idrologiche prese dagli allegati del P.G.T. del comune di Castiglione delle Stiviere.



**Figura 16** - Ubicazione pozzi nelle vicinanze del sito di interesse. Fonte: Geoportale della Lombardia. Le frecce indicano i pozzi presi ad esempio.



**Figura 17** – Stratigrafie dei pozzi. A sinistra, unità delle Colline Moreniche, al centro unità pedecollinare a destra la legenda.

## 1. Unità delle Colline Moreniche

Gli acquiferi superficiali sono poco estesi rappresentati da falde sospese, mentre gli acquiferi profondi sono costituiti da un insieme lentiforme ed eterogranulare di ghiaie, sabbie, limi e argille che riflettono un'origine glaciale o fluvioglaciale.

Non considerando l'acquifero più superficiale, che interessa i primi 30 m di profondità, sono stati individuati due orizzonti produttivi, discriminati dalla profondità:

- 50-70 m: si instaura un primo orizzonte produttivo in uno strato ghiaioso-sabbioso contraddistinto da setti di argille grigie compatte.
- 80-130 m: si instaura un secondo orizzonte in uno strato sabbioso, caratterizzato da grandi portate.

Entrambi gli acquiferi profondi sono contraddistinti da notevole spessore e ricca circolazione idrica e si suppone siano alimentati direttamente dal Lago di Garda.

## 2. Unità Pedecollinare

Continua rispetto alla precedente si instaura direttamente a sud, è costituita in superficie da depositi molto permeabili, rimarcate anche, nel limite meridionale, da emergenze naturali: la linea dei fontanili.

L'elevata permeabilità del terreno e le abbondanti precipitazioni hanno fatto di questa zona un'area di ricarica degli acquiferi presenti fino alla sponda sinistra del fiume Po. L'acquifero superficiale è di tipo libero, mentre quello profondo è in pressione con gradiente idraulico minore rispetto a quello più alto: 1,5-2 ‰ contro i 2,5-5 ‰.

Tale sistema di acquiferi è in grado di soddisfare l'elevato consumo di acqua della zona, è per contro un sistema molto vulnerabile e sensibile all'inquinamento. I regimi piezometrici sia delle falde superficiali che profonde, sono controllati dal regime idrometrico del lago di Garda.

Le zone di immissione facilitata, di ricarica degli acquiferi sono costituite da quelle aree caratterizzate da depositi particolarmente permeabili, che permettono la filtrazione delle acque meteoriche. Tali aree sono ubicate principalmente nella zona morenica con valori medi di ricarica di 175-250 mm/anno.

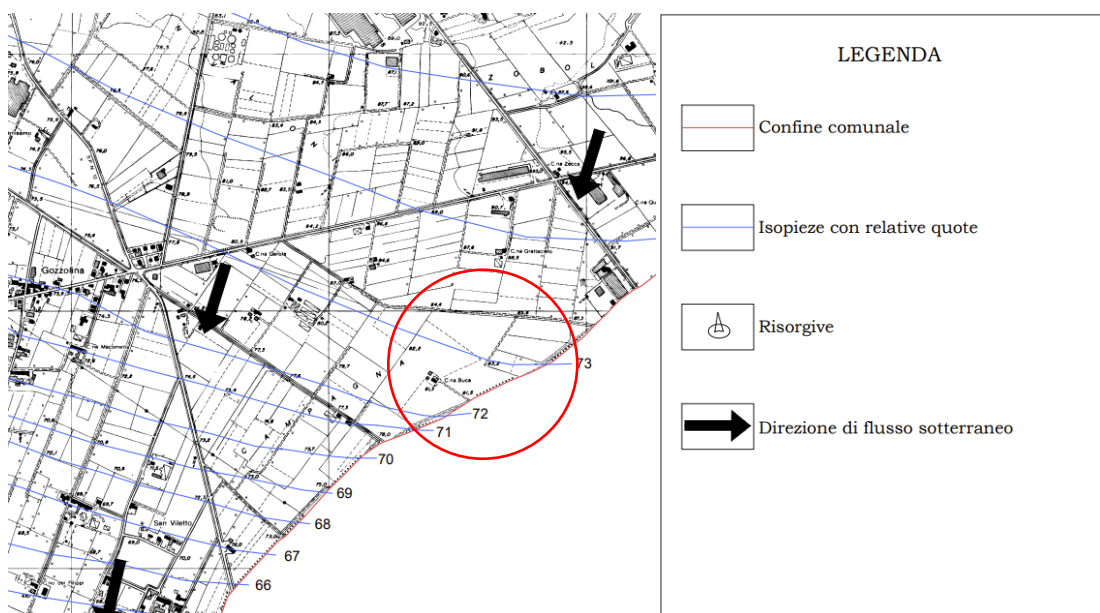
Le zone di emersione sono le emergenze naturali degli acquiferi, i cosiddetti fontanili, sono la sovrapposizione della superficie topografica con la linea di falda, e restituiscono parte delle acque meteoriche infiltratesi a monte. La linea dei fontanili rappresenta il confine naturale tra la zona dell'alta pianura pedecollinare e la pianura in senso stretto. Un tempo il fenomeno delle emersioni era più esteso e a carattere permanente, oggi lo sfruttamento degli acquiferi, l'abbassamento della linea di falda e l'antropizzazione della rete idrica hanno ridefinito la linea dei fontanili, che in certi casi si manifesta sottoforma di specchi d'acqua stagnanti di modesta grandezza.

La permeabilità massima viene misurata in corrispondenza dell'unità idrogeologica delle Colline Moreniche, e decrescono via via proporzionalmente allontanandosi in direzione della pianura, verso sud.

### 4.3 Morfologia piezometrica

La direzione di flusso delle acque sotterranee avviene lungo una direttrice orientata NNE – SSO, come si evince dalla

**Figura 18** il livello piezometrico aggiornato al 2015 attesta il livello di falda attorno a 73,00 m s.l.m., dimostrando la presenza di una falda libera superficiale, come mostrato in **Figura 19**.

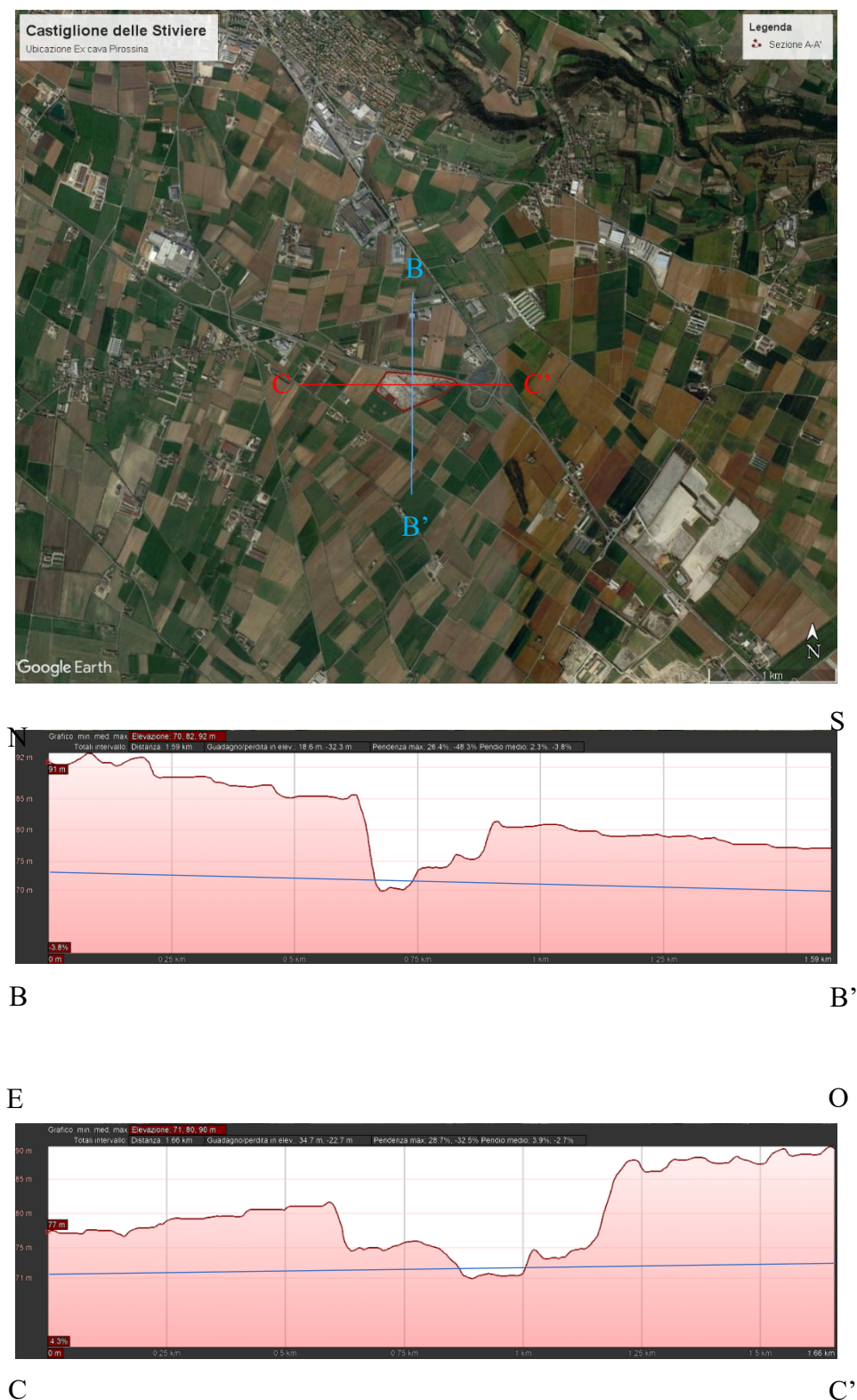


**Figura 18** - Stralcio tratto dalla tav. n. 02 “Carta idrogeologica” allegata al P.G.T del Comune di Castiglione delle Stiviere aggiornata ad aprile 2015. In rosso è evidenziata l'area di interesse.



**Comune Castiglione delle Stiviere (MN)**

*Progetto definitivo per la realizzazione del Parco Pirossina (recupero ambientale dell'ex cava in località Pirossina con realizzazione di area feste)*

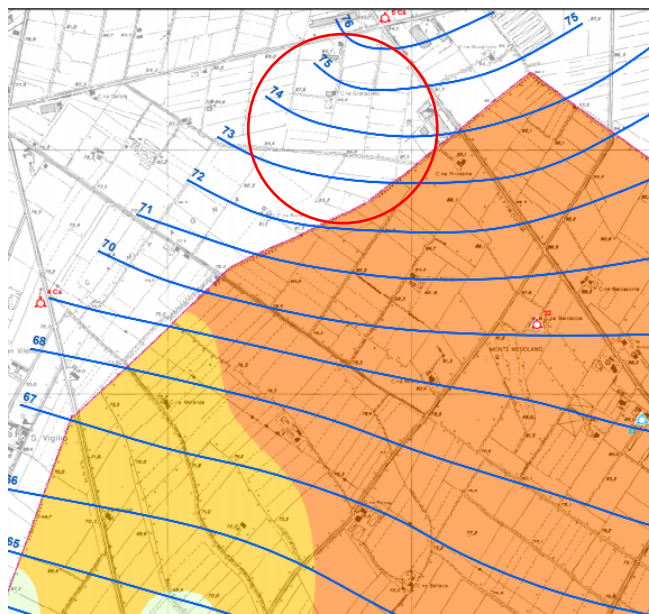


**Figura 19** – Cartografia satellitare tratta da Google Earth, con tracce di sezione: sezione B-B' e sezione C-C'. Nelle sezioni topografiche si indica la posizione della linea di falda così come dedotto dalla Carta idrogeologica aggiornata ad aprile 2015. In rosso scuro è evidenziata l'area di interesse.



### **4.3.1 Critica delle piezometrie**

La documentazione idrogeologica a corredo del P.G.T., datata maggio 2008, attesta il livello di quota assoluta della falda nell'area della ex cava Pirossina, in un range compreso tra 72 ÷ 74 m s.l.m., come si evince dalla **Figura 18**. Anche la carta del comune di Medole riporta il medesimo dato, **Figura 20**.

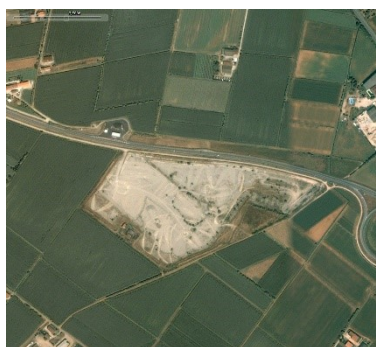


**Figura 20** - Estratto tavola 3 Carta idrogeologica e di vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. In rosso è evidenziata l'area di interesse

Il fondo cava è stato rilevato essere a quota 69 nel rilievo aerofotogrammetrico eseguito in data 20/11/2020 da tecnico incaricato Arethusa S.r.l., l'intersezione tra la topografia e la linea di falda, crea localmente uno specchio d'acqua sul fondo della cava come mostrato in **Figura 19**.

Tale laghetto di cava non è mai affiorato in superficie così come si evince dai sopralluoghi effettuati e dallo studio immagini satellitari storiche ottenute da Google Earth, mostrate in **Figura 21**. Le foto si riferiscono a mesi compresi nei più piovosi dell'anno, maggio ÷ novembre.

Ne consegue che i livelli delle isopiezie siano da considerarsi errati, e che ragionevolmente le quote di falda siano più basse, almeno localmente intorno a 65 ÷ 68 m s.l.m.



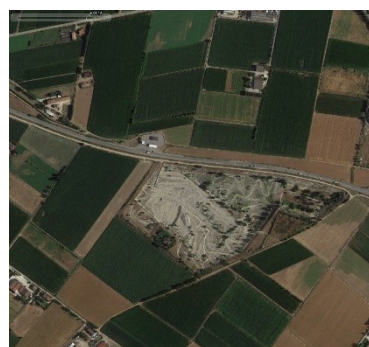
Luglio 2002



Settembre 2009



Marzo 2010



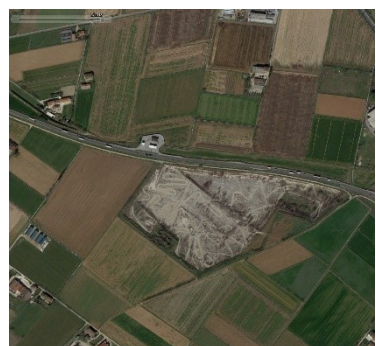
Giugno 2014



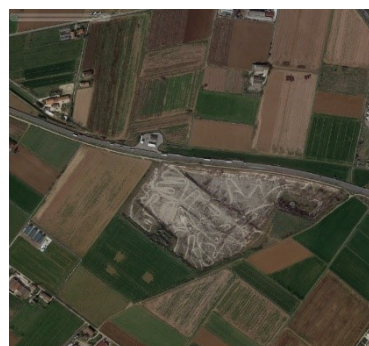
Aprile 2015



Aprile 2017



Marzo 2018



Marzo 2020

**Figura 21** - Foto satellitari storiche dal 2002 al 2020 dell'area della ex cava Pirossina

#### **4.4 Vulnerabilità dell'acquifero**

Il grado di vulnerabilità intrinseca di un acquifero esprime la facilità con cui un inquinante generico, disperso sul suolo o nei primi strati del sottosuolo, può raggiungere la falda e contaminarla.

La vulnerabilità di un corpo idrico sotterraneo è in funzione di diversi fattori per lo più fisici tra cui:

- La litologia e la struttura del sistema idrogeologico
- La soggiacenza e l'ampiezza delle oscillazioni della superficie piezometrica
- I parametri del deflusso idrico sotterraneo
- Le condizioni di alimentazione e drenaggio

Sulla base di quanto emerso dallo studio geologico a corredo del P.G.T. le problematiche riscontrate sono state così sintetizzate:

- Vulnerabilità idrogeologica naturale
- Rischio antropico

La vulnerabilità naturale è costituita da fattori alluvionali, è favorita da parametri geotecnici scarsi, da problematiche idrauliche, dal rischio sismico e processi erosivi in atto. I processi antropici concorrono ad aumentare il fattore di rischio attraverso, l'urbanizzazione, presenza di infrastrutture, industrializzazione etc.

In particolare, nell'area di interesse la vulnerabilità si declina a tre tipologie: idrogeologica, idraulica e geotecnica.

La vulnerabilità idrogeologica consiste nel basso livello piezometrico della falda su tutto il territorio comunale, questa risulta poco protetta anche in considerazione del fatto che non ci sono strati impermeabili superficiali e viene messa a giorno lungo le risorgive naturali o aree adibite ad attività estrattiva, come nel caso della ex cava Pirossina modellato nella **Figura 19**.

La vulnerabilità idraulica è rappresentata dall'inadeguatezza della rete idrica comunale, frutto dell'espansione urbana recente, congiuntamente a una mancata manutenzione del reticolo idrografico.

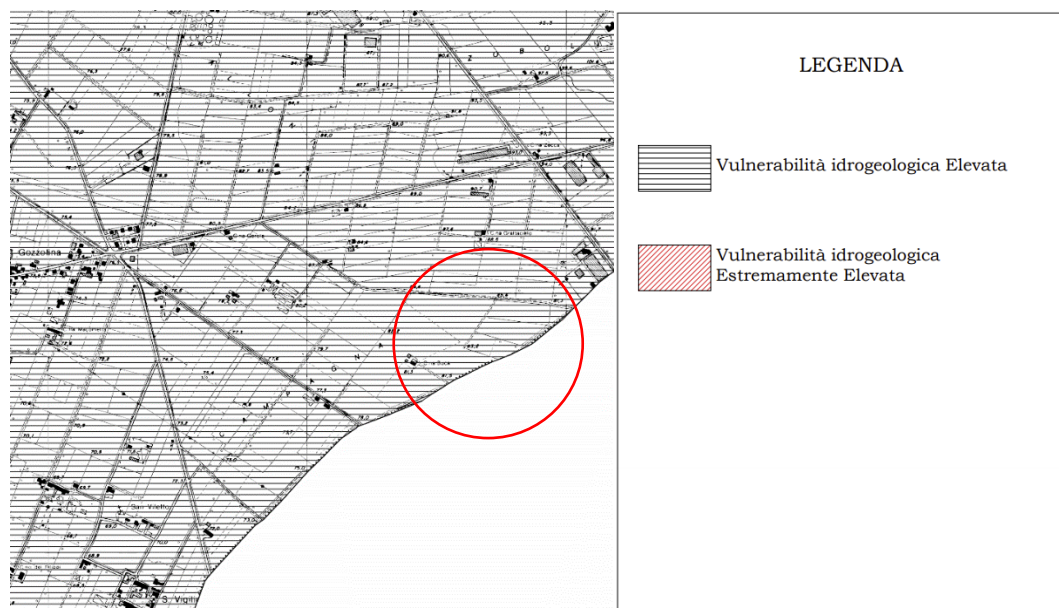
La vulnerabilità geotecnica è dimostrata da dissesti superficiali contestualmente nei rilievi collinari legata all'azione erosiva delle acque meteoriche. In generale invece l'intero territorio comunale comunque presenta complessivamente caratteristiche geotecniche buoni e omogenei.

Lo studio del P.G.T. ha evidenziato come la sovrapposizione di fragilità di tipo geomorfologico, topografico, idraulico e idrogeologico determini un grado elevato di vulnerabilità idrogeologica su tutto il territorio comunale e localmente, nelle zone della fascia morenica, una vulnerabilità estremamente elevata.

Le ragioni che determinano tale classificazione sono da ricollegare principalmente a due fattori:

1. Caratteristiche idrogeologiche locali
2. Presenza di una falda libera in depositi alluvionali che subisce le fluttuazioni in relazione alle precipitazioni e alle irrigazioni.

Nell'area in esame il grado di vulnerabilità idrogeologica risulta ancor più critico in quanto si è in presenza di un'area di attività estrattive che, a causa dell'asportazione della zona insatura composta dal deposito alluvionale e della copertura costituita da suoli argillosi ferrettizzati caratterizzati da bassa permeabilità, aggiunge elemento di maggior rischio, **Figura 22**.



**Figura 22** - Stralcio tratto dalla tav. n. 03 “Carta della vulnerabilità idrogeologica” allegata al P.G.T del Comune di Castiglione delle Stiviere aggiornata ad aprile 2015. In rosso è evidenziata l'area di interesse.

#### **4.4.1 Vulnerabilità dell'acquifero - metodo DRASTIC**

Un'altra metodologia per valutare il grado di vulnerabilità di un acquifero è il metodo parametrico DRASTIC che utilizza sette parametri di riferimento. Questo metodo è stato applicato per valutare il grado di vulnerabilità specifico dell'area interessata dal progetto di riqualificazione della zona ex cava Pirossina; pertanto, i parametri presi in esame sono stati quantificati sulla base delle condizioni specifiche dell'area. Come risultato di queste valutazioni, i fattori più importanti che controllano la vulnerabilità dell'acqua sotterranea all'inquinamento risultano essere:

- D- Depth to water (Profondità della tavola d'acqua)
- R- (Net) Recharge (Ricarica netta)
- A- Aquifer media (Materiale dell'acquifero)
- S- Soil media (Tipo di suolo)
- T- Topography (Topografia)
- I- Impact of vadose zone (Tipologia della zona insatura)
- C- (Hydraulic) Conductivity (Conducibilità idraulica)

Ognuno dei sette parametri considerati viene moltiplicato per un peso (variabile a seconda che sia considerato il caso di un sito con attività agricola intensiva o non intensiva) e inserito all'interno della seguente formula:

$$ID = DrD + RrR + ArA + SrS + TrT + IrI + CrC$$

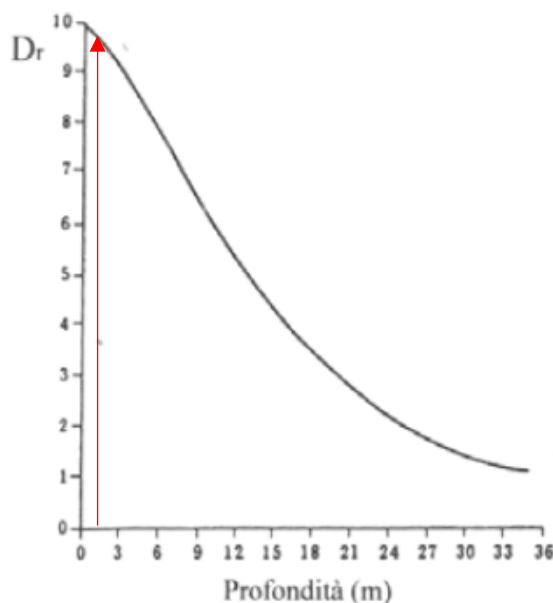
Il valore di un peso corrispondente sulla base della seguente tabella:

	Drastic	Drastic agricolo
<b>D</b>	5	5
<b>R</b>	4	4
<b>A</b>	3	3
<b>S</b>	2	5
<b>T</b>	1	3
<b>I</b>	5	4
<b>C</b>	3	2

#### **D (Depth to water) profondità della falda**

Il livello di soggiacenza preso in considerazione è il valore calcolato in base alla Carta idrogeologica allegata al P.G.T del Comune di Castiglione delle Stiviere aggiornata ad aprile 2015, come mostrata in **Figura 18**, ove la quota della falda varia da 72,5 m s.l.m. a sud-ovest, a 73,3 m s.l.m. a nord-est; il piano campagna, attualmente corrispondente al fondo cava varia da 71,0 m a nord a 75,0 m s.l.m. mentre il p.c. naturale si attesta intorno a 86,0 m a nord e 81,0 m s.l.m. seguendo la pendenza naturale.

Nell'ambito in esame la soggiacenza è stata valutata in via conservativa pari a -2 m. Tale condizione, in via cautelativa, corrisponde all'indice DRASTIC pari a  $10 \times 5 = 50,0$ .



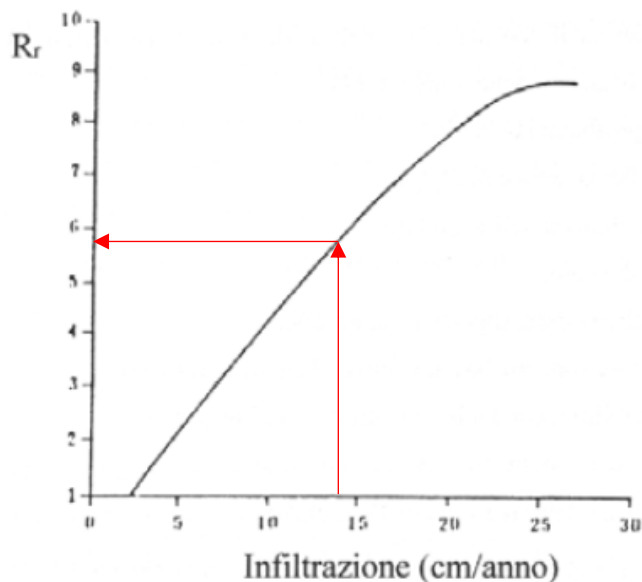
#### **R (net recharge), ricarica netta della falda**

Per la determinazione di questo fattore è stato considerato il dato di precipitazione media da P.G.T. risulta essere pari a 855 mm/anno. L'infiltrazione efficace è stata calcolata mediante l'utilizzo della formula (3.2.5) dei Criteri Metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati delle Linee Guida APAT marzo 2008, valida per terreni sabbiosi.

$$I_{ef} = 0,0018 P^2$$

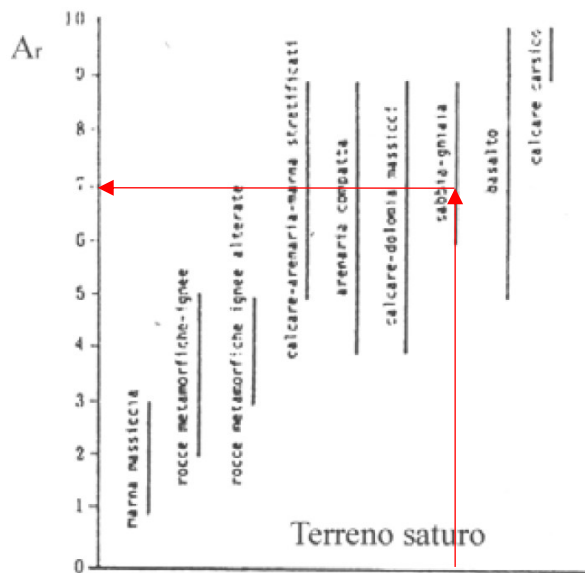


dove P corrisponde al valore di precipitazione media annua espressa in cm/anno. Nel caso in oggetto risulta un'infiltrazione efficace pari a 13,19 cm/anno. Il valore dell'indice DRASTIC è pari  $6 \times 4 = 24$ .



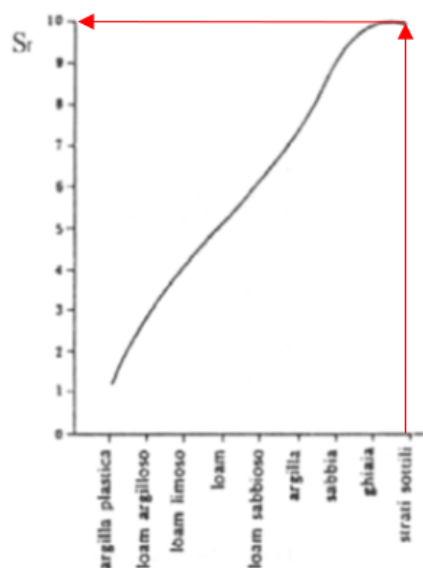
**A (Acquifer media) litologia dell'acquifero**

si tratta di materiale sciolto composto prevalentemente da sabbie limose a debole componente ghiaiosa. Il valore dell'indice DRASTIC risulta pari a  $7 \times 3 = 21$



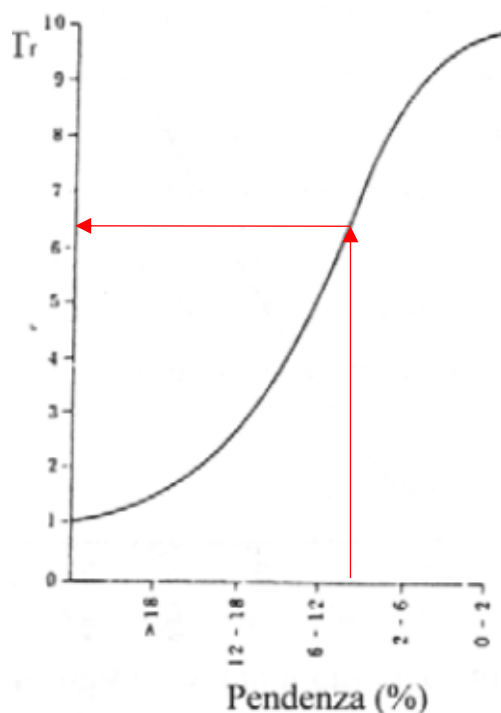
**S (Soil) tipo di suolo,**

l'area è priva di suolo considerato che si tratta di una ex cava non ancora recuperata, pertanto è stato preso in considerazione la tessitura del deposito relativo alla porzione insatura. Cautelativamente è stato considerato come valore il termine *strati sottili*. Il valore dell'indice DRASTIC è  $10 \times 5 = 50$ .



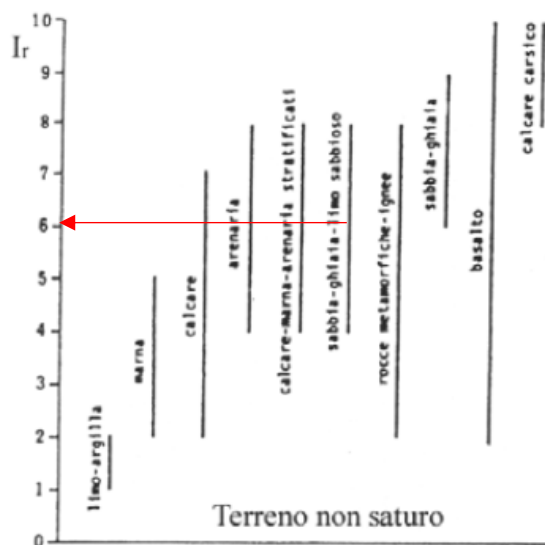
**T (Topography) acclività della superficie topografica:**

l'ambito in esame è caratterizzato da un territorio prettamente pianeggiante con pendenza di circa 1,1% verso sud-sud-est. Il valore dell'indice DRASTIC è  $6,5 \times 3 = 19,5$ .



**I (Impact of the vadose zone media) impatto della zona insatura:**

si tratta di materiale sciolto composto da sabbie e limo arricchite con percentuale variabile di ghiaia. Il valore dell'indice DRASTIC è  $6 \times 4 = 24$



**C (hydraulic Conductivity) grado di conducibilità idraulica dell'acquifero:**

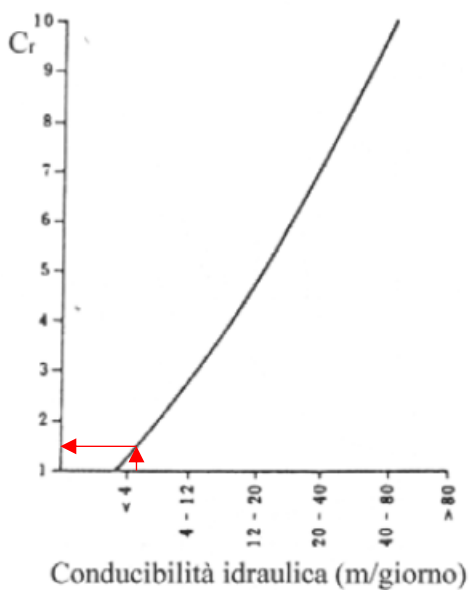
per l'estrapolazione di questo valore ci si è basati sui valori di permeabilità indicativi, di tipo qualitativo e non quantitativo, calcolati attraverso la formula di Hazen, il principio si basa sul fatto che la sezione media degli spazi vuoti che producono la permeabilità sia direttamente proporzionale all'aumentare della granulometria.

La formula è parametrizzata sul  $D_{10}$ , "larghezza della maglia del setaccio che permette il passaggio del 10% in peso del campione di materiale granulare" espressa come:

$$K = C \times D_{10}$$

dove C è una costante di proporzionalità che nel caso in esame è assunta pari a  $C=0,01$ .

Disponendo dei dati da bibliografia di analisi granulometriche eseguita su depositi in questione prelevati a mezzo campione rimaneggiato si ottiene un valore di permeabilità pari a  $5 \times 10^{-5}$  m/s pari quindi a 4,32 m/g da cui deriva un indice DRASTC pari  $1,5 \times 2 = 3$



**La somma dei relativi indici DRASTIC è quindi pari a:**

$$50 + 24 + 21 + 50 + 19,5 + 24 + 3 = 191,5$$

si ottiene il grado di vulnerabilità dell'acquifero che per l'ambito in esame è risultato pari a **191,5** equivalente ad un grado di **vulnerabilità elevato**.

GRADO DI VULNERABILITA'	INDICE DI VULNERABILITA'
molto basso	26 - 40
	40 - 80
basso	81 - 90
	91 - 105
medio	106 - 116
	117 - 128
	129 - 140
	141 - 152
alto	153 - 163
	164 - 174
	175 - 186
<b>elevato</b>	<b>187 - 198</b>
	199 - 210
estremamente elevato	211 - 230
	230 - 260



#### **4.5 Presenza di recettori sensibili**

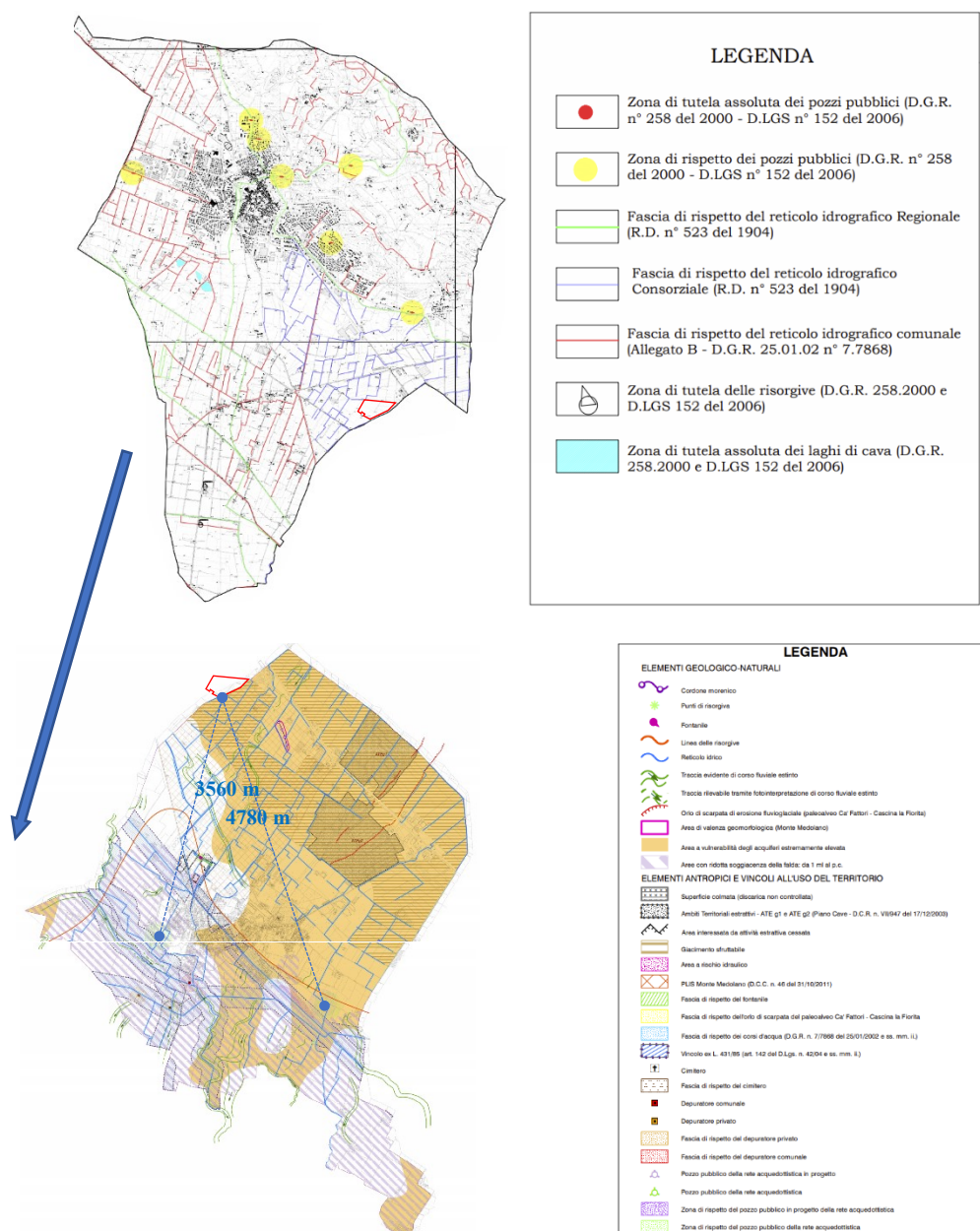
Per la verifica della presenza di recettori sensibili rappresentati da pozzi ad uso idropotabile si è fatto riferimento alle informazioni fornite dal PGT del comune di Castiglione delle Stiviere e del contiguo comune di Medole. Le risorse idropotabili di quest'ultimo infatti è potenzialmente sensibile in riferimento alle linee di flusso, come mostrato nella **Figura 18**.

Sulla base di queste informazioni è stato effettuato uno studio esteso ad un significativo intorno dell'area in esame su cui sono stati identificati i pozzi ad uso idropotabile.

- I pozzi pubblici della rete acquedottistica del comune di Castiglione delle Stiviere non sono recettori sensibili poiché si trovano in un alto piezometrico rispetto al sito in esame.
- I pozzi pubblici della rete acquedottistica del comune di Medole

## Comune Castiglione delle Stiviere (MN)

Progetto definitivo per la realizzazione del Parco Pirossina (recupero ambientale dell'ex cava in località Pirossina con realizzazione di area feste)



**Figura 23-** Studio sulla vicinanza dei recettori sensibili rispetto al sito in esame. Fonte carta dei vincoli dei PGT dei comuni di Castiglione delle Stiviere e Medole. In rosso è evidenziata l'area di interesse. La freccia blu indica la direzione di flusso sotterraneo

Il primo ricettore sensibile lungo la direzione di flusso viene intercettato ad una distanza circa di 3560 m a sud-sud-ovest e quindi idrogeologicamente a valle rispetto al sito di progetto nel comune di Medole, come si evince dalla **Figura 23**.