Studio Geologico

Dr. Giovanni VAGNI

Via G. MIGLIOLI, 3
26029 SONCINO

COMUNE DI GHISALBA

PROVINCIA DI BERGAMO

COMPONENTE GEOLOGICA
RELATIVA ALLA PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI TERRITORIALI DEL P.R.G

RELAZIONE TECNICA

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
VAGNI GIOVANNI n° 160

IL GEOLOGO
Dott. Giovanni VAGNI

Studio Geologico

Dr. Giovanni VAGNI

Via G. MIGLIOLI, 3
26029 SONCINO

INDICE

PREMESSA	pag.	03
1.0 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO	pag.	04
2.0 - ANALISI ED INTERPRETAZIONE DELLE IMMAGINI AEREOFOTOGRAMMETRICHE	pag.	09
3.0 - STRUTTURA GEOMORFOLOGICA DEL TERRITORIO	pag.	10
4.0 - CARATTERI IDROGEOLOGICI DEL TERRITORIO	pag.	12
5.0 - CARATTERI GEOLOGICO-TECNICI DELLE AREE DI ESPANSIONE	pag.	20
6.0 - SINTESI DEGLI ELEMENTI VALUTATIVI TERRITORIALI	pag.	23
7.0 – VINCOLI ESISTENTI	pag.	25
8.0 - FATTIBILITA' GEOLOGICA	pag.	26
9.0 – OPERE PRIORITARIE DI SALVAGUARDIA IDRAULICA	pag.	35
APPENDICE	pag.	36

ALLEGATI

TAV. 1:	CARTA GEOMORFOLOGICA	Scala 1:10.000
TAV. 2:	CARTA IDROGEOLOGICA	Scala 1:10.000
Tav. 3a/3b	PROFILI IDROGEOLOGICI	
TAV. 4:	CARTA GEOLOGICO-TECNICA	Scala 1:5.000
TAV. 5:	CARTA DI SINTESI	Scala 1:5.000
TAV. 6a:	CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA	Scala 1:5.000
TAV. 6b:	CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA	Scala 1:5.000

PREMESSA

Il presente studio è stato redatto in adeguamento alla L.R. 41/97 e ai sensi delle D.D.G.R. n. 7/6645 del 29/10/2001 "Approvazione direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi dell'art. 3 della l.r. 41/97 e n. 7/7365 del 11/12/2001 "Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) in campo urbanistico. Art. 17, comma 5, della legge 18 maggio 1989 n. 183".

Il presente lavoro ha quindi tenuto ampiamente conto dei nuovi indirizzi e criteri riguardanti la metodologia, la documentazione ed i contenuti della relazione tecnica predisposti ai fini dell'adozione degli strumenti urbanistici generali comunali e relative varianti, richiamati nelle citate delibere.

Ai fini dell'attuazione del PAI e dell'adeguamento dello strumento urbanistico, il Comune si è dotato di apposito studio idraulico per la valutazione delle condizioni di rischio nei territori della Fascia C delimitati da "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C" al quale si rimanda per la specifica classificazione e per le modalità di esecuzione degli interventi edificatori.

Il criterio seguito nella realizzazione dello studio ha previsto una strutturazione del lavoro in fasi differenziate quali:

- raccolta dati da bibliografia e da studi precedenti
- esame della cartografia ufficiale e della aerofotogrammetria
- rilevamento diretto sul territorio
- analisi degli elementi raccolti e proposte di fattibilità geologica delle azioni di piano
- zonazione territoriale sulla base dell'individuazione delle differenti classi di fattibilità
- normativa

1.0 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La struttura geologica del territorio comunale di Ghisalba viene caratterizzata dalla presenza di unità formazionali di origine continentale quaternarie. In modo particolare, si tratta di depositi di origine fluvioglaciale e fluviale classificabili secondo il seguente schema stratigrafico:

A) UNITA' POSTGLACIALE

Sinonimia - Essendo tale unità di nuova istituzione risulta necessario attuare un inquadramento circa le differenti denominazioni assunte da tali depositi nella letteratura geologica ufficiale. In letteratura i depositi corrispondenti all'Unità Postglaciale sono stati generalmente cartografati come "Alluvioni attuali, recenti, antiche e tardive" o come unità morfologiche (conoidi, coni e falde detritiche).

Definizione generale - depositi alluvionali costituiti da ghiaie di varia pezzatura a prevalente supporto clastico associate a matrice sabbiosa in prevalenti strati planari con struttura variabile da massiva a laminata; nettamente subordinati i depositi coesivi. Tale definizione risulta valida essenzialmente per il settore di pianura; per quello montano prevale la facies a Diamicton.

Caratteri Pedologici - superficie limite superiore caratterizzata da: Entisuoli, Inceptisuoli e Alfisuoli poco espressi.

Litologia - I depositi dell'Unità Postglaciale presentano caratteristiche differenti a seconda del settore montano o di pianura, in cui si trovano. Definiremo i caratteri di tale unità nell'ambito dell'area territoriale di specifico interesse trattando essenzialmente i caratteri tipici del:

SETTORE DI PIANURA

Nelle aree di pianura l'Unità Postglaciale è costituita da:

- **Depositi alluvionali** - I depositi fluviali dell'Unità Postglaciale vengono ulteriormente distinti in funzione delle aree di influenza dei principali fiumi (Adda, Brembo, Oglio e Serio), in modo da coglierne le caratteristiche distintive in funzione delle particolari situazioni

deposizionali che alla sedimentazione fluviale olocenica possono essere ricondotte. In modo particolare prenderemo in considerazione l'area relativa al fiume Serio costituente per intero l'area studiata.

Area del Fiume Serio - I sedimenti fluviali del Fiume Serio presentano variabilità sia per quanto riguarda i caratteri tessiturali (ghiaie, sabbie, limi sabbiosi e limi organici) sia relativamente ai suoli evoluti sulla superficie limite superiore. La quasi completa mancanza di orli morfologici, la scarsità di dati e la notevole variabilità delle situazioni non hanno consentito una ulteriore suddivisione come fatto per i Fiumi Adda, Brembo e Oglio. L'area è quindi stata cartografata genericamente come Unità Postglaciale, differenziando solo le aree immediatamente a lato dell'alveo attuale separate dal resto dell'unità da orli di terrazzo e ben caratterizzate pedologicamente (Entisuoli); sono state inoltre delimitate le aree la cui litologia superficiale è prevalentemente limoso-argillosa. I dati derivanti da rilevamenti geologici di dettaglio eseguiti hanno permesso di identificare nei settori settentrionali e centrali della provincia, la presenza sia pure discontinua, in linea generale sovraimposti alle alluvioni ghiaiose del F. Serio, di una coltre costituita da limi sabbiosi, limi, limi argillosi con uno spessore variabile da 0.60 -1.0 metro ed oltre. A Sud di Caravaggio questa copertura assume un carattere continuo e raggiunge comunemente spessori superiori ai due metri. Tale strutturazione stratigrafica potrebbe risultare strettamente connessa ad eventi esondativi del F. Serio, che presumibilmente andavano ad interessare ampi settori territoriali in seguito all'assenza di significativi terrazzamenti morfologici tra il Serio e la pianura circostante (fatta eccezione per quello delimitante l'alveo attuale).
Da un punto di vista ***pedologico*** si è riconosciuta la presenza di suoli con vario grado di evoluzione: Entisuoli, Inceptisuoli ed Alfisuoli poco espressi, a vario grado di idromorfia. I caratteri idromorfi diventano preponderanti, riflettendosi in sistematici cambiamenti della tassonomia dei suoli in corrispondenza delle sequenze sommitali limoso argillose.

Area a limi tra le conoidi - Una situazione verificata in tutta l'area della pianura bergamasca è la presenza di fasce a litologia di superficie limosa, decorrenti in senso Nord-Sud e costituenti un elemento di separazione tra unità appartenenti a bacini differenti. Per dimensioni e continuità si distingue in particolare modo quella che si estende tra Arcene e Caravaggio (lunghezza 9 km circa, larghezza media 2 km). Le sezioni osservate in vicinanza del suo limite orientale hanno evidenziato situazioni non univoche; tale fascia sottende infatti limi di esondazione dell'Unità di Comun Nuovo (N di Caravaggio), limi con profili pedologici evoluti, di interpretazione ed attribuzione problematica e, probabilmente, lembi isolati dell'Unità di

Brembate (Brignano). Dal punto di vista sedimentologico e stratigrafico tuttavia la situazione più significativa e di maggior diffusione areale è quella osservata presso Castel Rozzone, esattamente in corrispondenza del limite con l'Unità di Treviglio (Complesso del Brembo).
Questa dinamica deposizionale sarebbe stata favorita dalla presenza di una depressione legata alla coalescenza dei conoidi pleistocenico superiori del Brembo e del Serio, come suggerisce anche la già sottolineata disposizione dell'area a limi. Analoga interpretazione è proposta per le fasce a limi oloceniche presenti più ad Est, dalle dimensioni molto più ridotte ma simili per orientazione e posizione rispetto alle conoidi pleistoceniche dei Fiumi Serio ed Oglio.

Rapporti stratigrafici - Il limite inferiore è costituito dalla superficie di contatto con il substrato o con le unità più antiche. Il limite superiore è costituito dalla superficie topografica.

Età - I depositi dell'Unità Postglaciale hanno iniziato a depositarsi non appena i ghiacciai hanno iniziato a ritirarsi e sono tuttora in corso di sedimentazione. L'unità è quindi marcatamente diacrona e in certi settori difficilmente distinguibile dai depositi contemporanei ai ghiacciai. L'età è quindi Pleistocene superiore - Olocene. In assenza di possibili relazioni dirette con i ghiacciai o con i depositi ad essi correlati si è fatto ricorso ad osservazioni sullo stato di alterazione dei sedimenti o sui rapporti con i depositi attuali.

B) COMPLESSO DEL SERIO

Definizione generale: depositi fluvioglaciali composti da ghiaie di varia pezzatura a supporto clastico con abbondanti ciottoli associate a subordinata matrice sabbiosa caratterizzata da strutture stratificate, laminate o massive e depositi limoso-sabbiosi di esondazione.
Abbondanti i clasti ghiaiosi di provenienza prealpina in particolare dall'alta Val Seriana. Superficie limite superiore caratterizzata da: morfologie ben conservate, suoli di spessore massimo 1,10 m di colore compreso tra 7.5 YR e 10 YR e totale assenza di Copertura loessica. Tale complesso comprende le Unità di Clusone, Spiazzi, Valzurio, Valcanale, Gazzaniga e Unità di Cologno.

Nel settore territoriale di specifico interesse si sviluppa l'Unità di Cologno che andremo qui di seguito a descrivere.

UNITÀ DI COLOGNO

Definizione generale: l'unità di Cologno è costituita da depositi fluvioglaciali composti da ghiaie poligeniche di varia pezzatura a supporto clastico da arrotondate e subarrotondate associate a subordinata matrice sabbiosa calcarea con grado di cementazione variabile;
Pedologia: localmente è presente una copertura di limi di esondazione. La superficie limite superiore è caratterizzata da Alfisuoli con matrice decarbonatata fino a 1,1 m; colori 7.5 YR, 10 YR localmente 5 YR.

Sinonimia: l'Unità di Cologno, unità di nuova istituzione, indicata dagli A.A. precedenti come:
- fluvioglaciale ghiaioso, alterato per circa 1 m "livello fondamentale della pianura" (Riss)
- fluvioglaciale Wurm-Riss - Diluvium Recente (Gelati e Ferrari, 1967; Comizzoli et al., 1969)
- Livello fondamentale della pianura (Cremaschi, 1987).

Litologia: l'Unità di Cologno è composta da depositi fluvioglaciali dati da ghiaie a supporto clastico da medio grossolane a grossolane localmente molto grossolane con ciottoli e massi; il grado di classazione dei depositi ghiaiosi varia da mediamente selezionata a ben selezionata nelle aree più a sud con pertinenza dei clasti subalpina come dimostrato dalla osservata netta predominanza dei litotipi carbonatici; la matrice sabbiosa risulta in genere subordinata. Presenti strati sabbiosi e lenti a laminazione orizzontale ed incrociata a basso angolo; presenza a livello locale di lenti di coesive limose e limoso-argillose. Localmente la sommità mostra una copertura di limi argillosi.

Aree di affioramento: l'unità affiora diffusamente sia in sponda sinistra che destra del Fiume Serio costituendo buona parte del livello topografico della pianura. In particolare in sponda destra affiora da Ranica-Alzano Lombardo fino a Pagazzano con quote variabili da 285 a 120 m s.l.m. In sponda sinistra affiora da Villa di Serio ad Antegnate con quote da 285 a 112 m s.l.m.. A sud di Mornico sino al limite provinciale l'unità costituisce una fascia che si riduce progressivamente di ampiezza sino a chiudersi ad Antegnate; i limiti (non morfologici) di questa unità sono costituiti ad W dalle alluvioni postglaciali del Serio e ad E da una sottile fascia di limi pedogenizzati che seguono l'andamento della Roggia Zerra per poi collegarsi (ad Antegnate) alle alluvioni postglaciali del Serio; questi limi determinano il limite con le Alluvioni tardo Pleistoceniche del Fiume Oglio.

Morfologia: l'unità rappresenta una fase di deposizione fluvioglaciale legata ad un regime di tipo braided river cronologicamente intermedia tra l'unità di Comun Nuovo e le alluvioni postglaciali. Gli orli di terrazzo che la delimitano dall'unità postglaciale si riducono progressivamente sino ad estinguersi (zona di Capanelle in sponda destra, zona di Malpaga in sponda sinistra) determinando il progressivo ricoprimento dell'Unità di Cologno da parte delle Alluvioni dell'Unità postglaciale del Serio. L'unità è spesso caratterizzata in superficie da aree a pietrosità eccessiva (zona ad E di Zanica ed Urgnano), localmente associata a morfologie blandamente convesse accompagnate da aree con morfologie blandamente concave (dislivelli max 2-3 m, più comunemente non superiori ad 1 m): quest'ultima situazione è particolarmente evidente tra Ghisalba e Mornico al Serio dove sono visibili due di queste aree convesse (cartografate come dossi fluviali a debole convessità), con sviluppo longitudinale di circa 2 Km e larghezza di qualche centinaio di metri accompagnate da modeste depressioni marcate da scarsa pietrosità di superficie. L'interpretazione di queste strutture risulta problematica e con tutta probabilità geneticamente collegate alla fase deposizionale che ha sedimentato l'unità: come ipotesi questi dossi potrebbero rappresentare tracce di un antico alveo del Serio.

2.0 - ANALISI ED INTERPRETAZIONE DELLE IMMAGINI AEROFOTOGRAMMETRICHE

Precedentemente alle fasi di rilevamento sul terreno è stata effettuata l'analisi speditiva delle immagini aerofotogrammetriche recentemente eseguite per conto dell'amministrazione comunale, allo scopo specifico di ottenere una base interpretativa geologico-geomorfologica del territorio di Ghisalba. Il lavoro è stato svolto in fasi distinte:

a - *analisi delle immagini aerofotogrammetriche*

b - *prima restituzione grafica dei principali elementi geomorfologici territoriali*

c - *verifica mediante rilevamento geomorfologico delle strutture individuate*

Fase a: la prima individuazione delle principali strutture geomorfologiche del territorio esaminato è stata realizzata mediante l'analisi delle immagini aerofotogrammetriche fornite dall'Amministrazione comunale. L'interpretazione è stata condotta utilizzando apparecchiatura stereovisiva tridimensionale atta all'esecuzione di una particolareggiata analisi visiva.

Fase b: la prima fase restitutiva ha condotto all'identificazione degli elementi geomorfologici di primaria importanza, quali gli andamenti delle differenti serie terrazzate, i fontanili, le zone di alveo attuale e di esondazione ecc... fornendo una prima chiave di lettura dell'intera struttura geomorfologica del territorio esaminato. Gli elementi identificati sono stati riportati sulla base cartografica esistente per una prima analisi dell'evoluzione morfologica a breve termine e per la loro successiva verifica in sito mediante una specifica campagna di rilevamento.

Fase c: è stato condotto il rilevamento geologico di dettaglio dell'intero territorio comunale, realizzato in fasi successive al fine di affinare il modello geologico di superficie dell'area ed approfondire aspetti strutturali specifici della medesima. La restituzione dell'intero lavoro è riassunta nella compilazione delle cartografie tematiche territoriali trattate nei paragrafi successivi.

3.0 - STRUTTURA GEOMORFOLOGICA DEL TERRITORIO

Il territorio comunale di Ghisalba presenta un assetto morfologico differenziato, caratterizzato da due principali settori: un'ampia distesa pianeggiante monotona, avente pendenza media del 6 per mille in progressivo dolce declivio in direzione Sud, con quote massime e minime comprese rispettivamente tra 180 m s.l.m. a Nord sino a 160 m s.l.m. a Sud ed il settore territoriale centro-occidentale profondamente inciso dall'alveo del fiume Serio con tipica struttura morfologica terrazzata e quote di qualche metro inferiori al livello fondamentale della pianura con pendenza verso l'alveo fluviale. Sulla base dell'interpretazione aerofotogrammetrica, seguita da rilevamenti geomorfologici specifici, è stata ricostruita nel dettaglio la morfologia dell'area con particolare riferimento alle seguenti strutture (**TAV 1**):

1 - estensione e sviluppo dei lineamenti strutturali delle differenti serie terrazzate
2 - zone di divagazione principale dell'asta fluviale (alluvioni recenti)
3 - zone di alveo attuali

1 - Lineamenti strutturali dei depositi terrazzati: il settore territoriale centro-occidentale del comune di Ghisalba si caratterizza per una morfologia tipicamente fluviale con serie differenziate di terrazzamenti e dislivelli altimetrici in progressivo aumento allontanandosi dall'asta fluviale principale. Le serie più antiche si ubicano a quote notevolmente maggiori rispetto alle più recenti (inversione della legge di sovrapposizione in ambiente fluviale), progradando dolcemente verso le zone di alveo attuale. Sono state riconosciute tre differenti serie terrazzate (dalla più antica alla più recente):

A - *I^a^ serie morfologica: Serie terrazzata sommitale*: rappresenta la serie più antica ed altimetricamente più elevata il cui sviluppo sommitale coincide con la formazione continentale del "Complesso del Serio - Unità di Cologno" (Livello fondamentale della pianura auct.).
Costituisce il testimone sedimentologico della prima fase erosiva fluviale con la progressiva formazione del marcato orlo di terrazzo ben riconoscibile per estensione e continuità laterale su entrambe le sponde orografiche del fiume Oglio. La serie terrazzata si sviluppa lungo la sponda orografica sinistra con direzione principale NNW-SSE attraversando per intero il centro abitato

del capoluogo. In sponda destra l'andamento risulta maggiormente complesso e caratterizzato a livello locale da accentuata sinuosità.

B - *II^a^ serie morfologica: sistema terrazzato intermedio*: costituisce la più antica area di esondazione del fiume Oglio ben riconoscibile su entrambe le sponde orografiche del fiume Serio. Si sviluppa altimetricamente a quote lievemente inferiori al livello fondamentale della pianura con dislivelli massimi di alcuni metri coincidendo con l'unità geologica Postglaciale delle alluvioni antiche del Fiume Serio. Costituisce un settore geologicamente stabile non più interessato in tempi storici da fenomeni esondativi. La definizione di tale sistema terrazzato, sebbene sviluppato anche al di fuori dell'area specifica di studio, costituisce un elemento strutturale fondamentale per l'analisi e la comprensione dei meccanismi evolutivo-strutturali dell'intero settore territoriale.

C - *III^a^ serie morfologica : sistema terrazzato secondario*: si compone di una serie terrazzata con sviluppo altimetrico assai depresso rispetto al livello fondamentale della pianura con dislivelli plurimetrici. Da un punto di vista strutturale rappresenta il sistema di terrazzi e le aree di esondazione attuali e recenti del fiume Serio, differenziandosi gli uni dagli altri per la presenza di dislivelli topografici di ordine metrico.
Sono infatti riconoscibili terrazzi secondari sviluppati all'interno delle aree di esondazione recenti: essi sono costituiti da piccoli terrazzi a scarsa continuità laterale sviluppati all'interno delle aree di esondazione attuale e recente con sviluppo altimetrico in genere non superiore al metro, con orlature non sempre ben definite o incomplete a causa del rimodellamento morfologico naturale; ad essi si trovano associate, a quote topografiche inferiori le zone di divagazione attuali dell'asta fluviale (alluvioni attuali e recenti), che costituiscono le tracce delle più recenti migrazioni dell'alveo attuale indicando una notevolissima attività erosivo-deposizionale fluviale.

4.0 - CARATTERI IDROGEOLOGICI DEL TERRITORIO

A - Cenni sull'idrografia superficiale

In tutto il settore territoriale considerato le acque superficiali sono raccolte dalla rete di corsi d'acqua di origine ed importanza assai svariata (fiumi, canali, rogge ecc...). Il corso d'acqua principale è rappresentato dal Fiume Serio mentre quelli minori sono costituiti in parte da scaricatori naturali e da derivazioni artificiali a fine irriguo o da aree di risorgiva (fontanili). Questi corsi d'acqua costituiscono gli unici elementi idrografici naturali esistenti, i quali oltre a rappresentare le strutture fondamentali di drenaggio delle acque superficiali esercitano anche un'importante influenza nei riguardi delle acque sotterranee. Notevole importanza ai fini idrogeologici assumono le canalizzazioni a scopo irriguo che esistono su tutto il territorio esaminato, in quanto nei periodi utilizzo costituiscono la via preferenziale per la ricarica artificiale degli acquiferi naturali.

Di primario interesse risultano le caratteristiche del regime idraulico del Fiume Serio: a tale proposito, come già accennato, è stato effettuato uno specifico studio sulle caratteristiche del bacino così come previsto dall'allegato 3 alla D.G.R. 11/12/2001 n. 7/7365 al quale si rimanda sia per la stima della portata massima di piena, sia per la valutazione del rischio idraulico e relative quote di sicurezza.

Gli altri corsi d'acqua che attraversano l'area, il Torrente Zerra ed i canali irrigui, hanno un regime idrico discontinuo, rispettivamente legato alle precipitazioni ed agli apporti delle irrigazioni.

Tra i fontanili dell'area esaminata solo uno, ubicato nel territorio comunale di Cologno al Serio, risulta avere una attività continua (Campi in località Madonna del Campino), mentre tutti quelli segnalati in letteratura a Ghisalba, a Martinengo e nello stesso Cologno al Serio, sono in fase di estinzione.

Questi strutture sebbene in gran parte estinte e/o perennemente asciutte assumono comunque un notevole significato idrogeologico ricoprendo nell'ambito specifico anche un significato territoriale quale componente morfologica da preservare ai fini di eventuali interventi antropici.

Il fontanile presenta una struttura morfologica composita costituita da una testa scavata al di sotto del piano campagna (polla) all'interno della quale si rilevano piccoli sifoni di risalita costituiti da tubazioni infisse nel terreno, vasellame o tinozze in terracotta o legno: queste determinano un'agevolazione nella risalita delle acque sotterranee all'interno della polla.

L'acqua delle scaturingi viene quindi incanalata attraverso una roggia detta "asta del fontanile" ed impiegata generalmente ad esclusivo scopo irriguo. All'interno del territorio comunale sono stati censiti i i fontanili esistenti individuati nella **TAV. 2**:

Nome del Fontanile	**Comune**	**Toponimo Località**
1. Fontana Ciurlina	**Ghisalba**	C.na Don Bosco
2. Fontana Fontanone	**Ghisalba**	Verso il confine sud

Nella **TAV. 2** è stata riportata la cartografia tematica relativa all'idrogeologia del territorio comunale in cui vengono evidenziate le principali canalizzazioni, l'ubicazione dei pozzi idrici sia pubblici che privati (distinti da un numero progressivo) e la traccia dei profili idrogeologici riportati nelle **TAVV. 3a e 3b**.

Per quanto concerne le acque superficiali abbiamo constatato un reticolo idrico poco diffuso: alcuni settori risultano eliminati o tombinati in conseguenza dell'espansione dell'abitato.

Fra i principali corsi d'acqua ricordiamo la Roggia Martinenga, la Ciurlina ed in Fosso Mornichello che delimita il confine est del territorio comunale.

B – Struttura idrogeologica generale del sottosuolo

I caratteri idrogeologici di gran parte della pianura bergamasca indicano una notevole ricchezza di risorse idropotabili che permeano a varie profondità le diverse formazioni alluvionali che compongono la pianura. I sedimenti del Livello fondamentale della pianura costituiscono un'estesa pianura di origine fluvioglaciale ed alluvionale incisa dall'attuale alveo del Fiume Serio con litologie dominanti incoerenti (parte sommitale dell'Unità) con uno strato di alterazione superficiale di spessore contenuto ed in genere mal conservato a causa dell'attività antropica. I caratteri tessiturali di questi depositi possono essere distinti da Nord verso Sud secondo fasce territoriali a granulometria omogenea e decrescente: depositi prevalentemente grossolani (ghiaia, sabbia, ciottoli) nel settore settentrionale progressivamente decrescenti come dimensione del fuso granulometrico verso Sud. Le litozone caratteristiche identificate come elementi principali costituenti sono le seguenti:

A - **Unità Ghiaioso-sabbiosa**
B - **Unità delle alternanze ghiaioso-argillose e conglomeratiche**
C - **Unità Villafranchiana**

A - Unità ghiaioso-sabbiosa: la litologia dominante è rappresentata da ciottoli ghiaia e sabbia con locali intercalazioni coesive in genere di contenuto spessore e continuità laterale. Legata all'attività fluvioglaciale Wurmiana, rappresenta la sede tradizionale del primo acquifero che in questa specifica zona costituisce un'ingente riserva idrica.
Questa unità presenta una notevole continuità laterale e di spessore in tutto il territorio comunale considerato, nel quale si caratterizza per la presenza di locali lenti coesive di spessore contenuto ed incerta continuità laterale che contribuiscono ad innalzare il livello piezometrico conducendolo all'intersezione con la superficie topografica ed alla creazione delle scaturingi naturali dei fontanili.

Nel settore bergamasco il limite settentrionale della fascia dei fontanili ha subito una notevole modificazione; mentre in passato veniva individuato lungo la direzione Cologno al Serio-Martinengo, a partire dal 1988 esso si è progressivamente modificato assumendo orientamento NNE-SSO lungo la linea Romano di Lombardia- Fontanella- Torre Pallavicina. Tale profonda modificazione plano-altimetrica trova la principale concausa in un generalizzato abbassamento del livello piezometrico. La notevole espansione antropica ha determinato la

progressiva diminuzione del numero di tali strutture sorgive, in passato molto più diffuse in tutto il settore territoriale della bassa pianura bergamasca.

Il regime idraulico di questo corpo acquifero risulta di tipo freatico in cui permangono strette connessioni tra acquifero e ricarica attraverso infiltrazione efficace ad opera di agenti meteorici o attività irrigue.

2 - Unità delle alternanze ghiaioso-argillose e conglomeratiche (Fluvioglaciale Mindel-Riss): costituisce un'alternanza di sedimenti sabbioso-ghiaiosi più o meno cementati e conglomerati a rappresentare intercalazioni di discreta continuità laterale associati a banchi limoso-argillosi. La litologia dominante è quindi costituita da depositi conglomeratici e ghiaiosi con intercalazioni di tipo coesivo subordinate. I caratteri idraulici sono di tipo freatico, solo localmente semiartesiano.

3 - Unità Villafranchiana: litologicamente costituita da sedimenti limoso-argillosi di origine continentale, si trova sovrapposta a depositi tardo pliocenici tipicamente marini caratterizzati da ricche faune fossili. Tale unità è stata riconosciuta e descritta attraverso dati stratigrafici derivanti dalla realizzazione di pozzi ad uso idropotabile ubicati all'interno dell'area di specifico interesse.

La **TAV. 2** riporta le principali strutture idrogeologiche esistenti e l'andamento delle curve isofreatiche nel territorio comunale di Ghisalba e di un significativo intorno.

C – Strutturazione di dettaglio dei principali corpi acquiferi

L'interpretazione geolitologica relativa al sottosuolo è stata desunta dall'analisi delle stratigrafie dei pozzi perforati all'interno del settore territoriale d'interesse ed in un significativo intorno.

Per la ricostruzione della strutturazione stratigrafica e geometrica dei corpi acquiferi, sono state elaborate sezioni idrogeologiche in senso nord sud ed in senso ovest est, secondo le tracce di sezione riportate nella **TAV. 2**.

L'analisi delle sezioni permette di rilevare la presenza di una unità idrogeologica più superficiale ghiaioso-sabbiosa con lenti limoso-argillose costituita dai depositi appartenenti alle alluvioni, recenti ed attuali, ed al Fluvioglaciale Wurm affioranti sull'area.

Al di sotto si succedono nell'ordine una unità a conglomerati con orizzonti di ghiaie e sabbie sciolte, una unità a ghiaie e sabbie con orizzonti di conglomerato e di argilla ed una unità prevalentemente argillosa con fossili, attribuibile al Villafranchiano Auct., caratterizzata dalla presenza di livelli ghiaiosi, sabbiosi e conglomeratici talora di discreto spessore. Lo schema idrogeologico riportato nelle sezioni illustra la successione descritta.

Procedendo in direzione sud è riscontrabile la variazione geometrica dell'unità ghiaiosa sovrastante le argille caratterizzata da progressivo assottigliamento sino all'estinzione laterale nel settore di Ghisalba, trovandosi a diretto contatto laterale con l'unità argillosa.

Le prime due unità permeabili superficiali costituiscono il primo acquifero, con caratteri idraulici tipicamente freatici (sede dell'acquifero tradizionale), mentre l'unità argillosa basale si caratterizza per la presenza di orizzonti lenticolari permeabili che costituiscono nel loro insieme un acquifero multifalda profondo tipicamente artesiano e/o semiartesiano.

Le sezioni idrogeologiche sviluppate in direzione nord-sud, evidenziano la presenza di un orizzonte conglomeratico il cui spessore tende a ridursi da circa 65-70 m a nord a 35-40 m in corrispondenza di Ghisalba fino ad un minimo 10 m circa in prossimità del territorio di Martinengo. Nella parte mediana esso è attraversato da un livello argilloso che presenta una notevole continuità laterale. Si osserva in tutte le sezioni una diminuzione dello spessore dei livelli conglomeratici verso oriente, sia nella unità superficiale che in quella profonda, particolarmente evidente al passaggio dalla zona ad ovest a quella ad est del F. Serio.

Per quanto concerne la geometria delle diverse unità, le sezioni mettono in evidenza l'influenza di un "alto strutturale", riconosciuto anche a scala regionale, che determina una diminuzione dello spessore delle unità più superficiali verso il settore meridionale da valori superiori a 220 e 150 m rispettivamente ad Urgnano ed a Seriate a valori di 35 m a Martinengo. Questo elemento è dovuto a strutture tettoniche profonde che, nel corso del Pliocene e del Quaternario hanno determinato il sollevamento dell'area posta a sud dell'allineamento Trezzo d'Adda - Martinengo (C.N.R., 1988, Beretta et Al., 1989). Infatti nel settore settentrionale fino a Cavernago i conglomerati sormontano un deposito ghiaioso spesso circa 70-100 m con crescente frazione argillosa nei 10-30 m più profondi; l'unità argillosa profonda non viene comunque intercettata con sicurezza a nord di Cavernago. Da Malpaga verso sud i conglomerati si appoggiano invece direttamente sulle argille dell'unità profonda che, in

corrispondenza dell'alto strutturale, raggiunge i 70 m s.l.m. a Ghisalba (pozzo 4) ed i 115 m s.l.m. a Martinengo (pozzi 26 e 27). La notevole potenza dei depositi ghiaiosi nell'area settentrionale e la presenza dell'alto strutturale verso sud determina una probabile comunicazione tra i depositi ghiaiosi ed i livelli permeabili dell'unità profonda, favorendone l'alimentazione laterale. Questa interpretazione viene confermata dalla elevata produttività di questi orizzonti, generalmente con mediocre potenzialità, e dal chimismo delle acque.
A conferma di quanto affermato, l'andamento areale della base del primo acquifero evidenzia come l'alto strutturale sembri raggiungere il suo culmine in corrispondenza di una dorsale con andamento da ESE a WNW tra i territori comunali sopra considerati. In corrispondenza della parte settentrionale dell'area la base del primo acquifero è stata tracciata solo in base a criteri litologici, in corrispondenza di un livello argilloso di spessore variabile che, immergendosi verso sud, entra in contatto con l'alto strutturale. Insieme formano infatti un livello argilloso di una certa continuità laterale sebbene il suo spessore risulti, per quanto visto in precedenza, assai più ridotto nella parte centro settentrionale.

La carta piezometrica illustrata nella **TAV. 2** mostra un andamento regionale del flusso da NNE verso SSW con una superficie piezometrica che si dispone a circa 162 m s.l.m. nel settore nord-orientale di Cavernago, ed a circa 127 m s.l.m. a sud di Martinengo.
L'andamento delle isopiezometriche mostra un'azione alimentante esercitata dal F. Serio nel settore meridionale. Limitatamente al territorio del Comune di Ghisalba le quote piezometriche massima e minima sono di circa 157 e 146 m s.l.m. rispettivamente a nord est ed a sud est del territorio comunale. In seguito alla concomitanza dell'alimentazione dal Serio e della presenza dell'alto strutturale e dei prelievi, in tale area la falda presenta forti variazioni nella direzione del flusso e nel gradiente; il primo è diretto verso sud-sud-ovest nel settore settentrionale e verso sud-sud-est in quello meridionale, il secondo presenta nell'area settentrionale valori minimi prossimi a 0.6% e crescenti in direzione sud. Per quanto concerne la soggiacenza, nei pozzi di Ghisalba essa è compresa tra 24 e 7 m circa da piano campagna, diminuendo quindi progressivamente dal confine settentrionale del territorio comunale verso quello meridionale. Analogamente, a causa della presenza dell'alto strutturale, lo spessore saturo del primo acquifero diminuisce da nord a sud assumendo nel territorio di Ghisalba una potenza di circa 60 m al confine settentrionale e di 40 m presso il settore meridionale. Lo spessore minimo di 33 m è stato rilevato presso Martinengo.

Le oscillazioni dei livelli della falda superficiale e di quella profonda vengono misurate settimanalmente in corrispondenza dei piezometri superficiale e profondo del nuovo pozzo dell'acquedotto di Ghisalba, recentemente perforato dal Consorzio Servizi Bacino del Serio.

Il confronto tra le variazioni piezometriche e l'andamento delle precipitazioni conferma il legame di alimentazione diretto di entrambi i corpi acquiferi con gli eventi meteorici ed irrigui con messa in carico rapida anche degli orizzonti acquiferi profondi. La soggiacenza minima viene registrata nel periodo autunnale mentre quella massima si registra al termine del periodo invernale, da aprile a maggio. Le oscillazioni positive seguono in accordo il regime meteorico ed irriguo, tra giugno ed agosto. L'escursione stagionale annua si attesta tra 0.5 ed 1.8 m per la falda superficiale mentre per il corpo acquifero profondo, secondo studi eseguiti da altri Autori, risulta di gran lunga superiore (valori plurimetrici).

D - Pozzi pubblici e privati

L'acquedotto di Ghisalba è servito da quattro pozzi terebrati nel settore nord e nord-ovest, alla periferia del centro abitato e gestiti dal Consorzio Servizi Bacino del Serio ; la loro ubicazione viene riportata nella **TAV. 2** ed in appendice le loro stratigrafie.

N.ro Pozzo	Ditta Perforazione	Quota (m s.l.m.)	Prof. (m)	Filtri (m dal p.c.)	DATI
1 (A)	Bonaditta	173,30	65,00	27/30; 32,50/36 60,00/61,50	l.s. -17; l.d. -21 Q= 28,5 l/s
2 (B)	-	173,60	145,00	94/98;115/118; 121/124;133/139	
3 (C)	Galazzini	174,30	192,00	92/101; 114/117; 120,50/126,50; 129/143; 169/173; 179/183	
4 (D)	Galazzini	175,00	191,50	104/110; 123/129; 131/134; 142/145; 147/156, 172/178; 179,50/182,50	9-15 l/s

Esiste poi un discreto numero di pozzi privati a prevalente uso domestico e zootecnico mentre quelli ad uso irriguo sono abbastanza limitati; un elenco dettagliato dei principali viene riportato in appendice.

E – Vulnerabilità dell'acquifero superficiale.

Relativamente all'area indagata, l'assenza di dati idrogeologici dettagliati e distribuiti in modo capillare esclude l'utilizzo delle metodologie correnti per la valutazione della vulnerabilità (DRASTIC, SINTETICS,...).
Pertanto, per definire il grado di **vulnerabilità verticale del primo acquifero** sono stati utilizzati unicamente i dati geolitologici, morfologici, pedologici ed idrografici in possesso dello scrivente.

La vulnerabilità verticale naturale (o intrinseca) di un acquifero esprime la facilità con cui un inquinante fluido riversato sulla superficie del suolo può raggiungere l'acquifero, nell'ipotesi che esso non interagisca col suolo e col substrato (es. per assorbimento o per ritenzione).

Essa dipende dalle caratteristiche di permeabilità del non-saturo attraversato dall'inquinante, ossia del sistema composto da suolo e substrato posti al di sopra del livello di risalita della falda.

La vulnerabilità dell'acquifero superficiale è legata strettamente alla soggiacenza della falda che, nel caso in esame, dipende prevalentemente dall'assetto morfologico del terreno, cioè dalla presenza di zone depresse o rilevate.
Infatti, salvo per il settore ovest (zona alveo Serio) le caratteristiche geolitologiche e pedologiche sono sostanzialmente omogenee e, comunque, tali da non costituire un fattore discriminante.

Sulla base di queste considerazioni generali il territorio indagato è stato suddiviso in tre aree a diversa vulnerabilità dell'acquifero superficiale (**TAV. 2**).

Vulnerabilità elevata: interessa le aree più depresse, caratterizzate da una soggiacenza della falda freatica **s < 5 m** e i fontanili; a questo si associa la ridotta copertura vegetale mentre l'occasionale presenza di depositi superficiali argillosi non è ritenuta un fattore protettivo significativo. Riguarda in particolare il settore ovest rappresentato dal f. Serio e relativo alveo di piena.

Vulnerabilità alta: riguarda una fascia sempre nel settore occidentale e meridionale a sud della strada provinciale; la falda freatica è compresa tra **5 < s < 10 m**.

Vulnerabilità medio-bassa: caratterizza la restante parte del territorio indagato, dove maggiore è la soggiacenza della falda freatica (**s >10 m**).

Negli ultimi due casi (vulnerabilità alta e medio-alta) le caratteristiche pedologiche e geolitologiche sostanzialmente uniformi dei depositi superficiali non rappresentano fattori discriminanti.

5.0 - CARATTERI GEOLOGICO-TECNICI DELLE AREE DI ESPANSIONE (TAV. 4)

La sintesi analitica della caratterizzazione geotecnica del territorio studiato ha rappresentato la fase di lavoro successiva, in cui si sono analizzati gli elementi specifici relativi all'intero territorio comunale di Ghisalba ricavati dai dati fin qui ottenuti, integrati da opportune indagini sul terreno mediante esecuzione di prove penetrometriche.

Gli elementi di valutazione considerati possono essere così sintetizzati:

A - descrizione delle litologie del primo sottosuolo
B - verifica della tavola d'acqua (soggiacenza minima della prima falda)
C - caratterizzazione geomeccanica dei terreni costituenti il primo sottosuolo.

A - Descrizione litologica del primo sottosuolo

L'analisi dei dati relativi a lavori svolti a più riprese sul territorio comunale ha permesso la caratterizzazione geo-litologica del primo sottosuolo dell'area di indagine: sono stati raccolti i dati derivanti da saggi di terreno, trincee di ispezione, sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche e pozzi per acqua, per i quali si è realizzata un'analisi critica finalizzata alla loro corretta interpretazione ai fini geologico-stratigrafici. La litologia dominante è risultata quella sabbioso-ghiaiosa e ghiaiosa con pezzature medie e grossolane a frazione sabbiosa generalmente subordinata e a scarso contenuto di fine; le matrice sabbiosa si presenta in genere lavata, solo localmente limosa; la composizione mineralogica delle sabbie è prevalentemente quarzosa, a media maturità, con granulometria variabile da medio-grossolana a localmente fine. Le ghiaie presentano parametri sedimentologici specifici chiaramente riconducibili ad ambiente fluviale, con diametri di varia pezzatura, da medi a grossolani, mediamente classati, spiccato grado di arrotondamento e classazione da elevata a medio-elevata. Le pertinenze dei clasti ghiaiosi sono di tipo alpino e prealpino, con presenza di tipologie litoidi dominanti costituite da graniti, granitoidi, metamorfiti quali gneiss, dioriti, paragneiss; seguono in netta minoranza litotipi sedimentari.

Le frazioni ghiaiose costituiscono comunque la classe granulometrica dominante su tutto il territorio esaminato.

B - *verifica della soggiacenza della tavola d'acqua*

La quota di soggiacenza della prima falda è stata ricostruita attraverso la raccolta di dati disponibili derivanti dalle principali strutture idrogeologiche di superficie (fontanili) e dai livelli statici dei pozzi esistenti nel settore territoriale esaminato. Gli elementi così raccolti sono stati utilizzati per la definizione delle linee equipotenziali della superficie freatimetrica. Occorre sottolineare che i processi di calcolo hanno risentito in modo determinante della scarsità dei dati di base disponibili, giungendo ad un grado di *stima* controllata il più possibile soddisfacente ai fini dell'indagine. La ricostruzione dell'andamento delle isofreatimetriche deve pertanto essere considerato come elemento di valutazione valido, ma avente significato di "stima di larga massima."

Le profondità di soggiacenza della tavola d'acqua in tutto il settore sviluppato sul "livello fondamentale" viene stimato mediamente intorno a 12-15 metri dal piano campagna con oscillazioni stagionali dell'ordine di 1-2 metri circa. Nelle aree fluviali altimetricamente depresse la quota di falda si innalza notevolmente giungendo a profondità minimali di 3-5 metri dal piano campagna.

C - *caratterizzazione geomeccanica dei terreni*

L'analisi comparativa dei dati derivanti da prove geotecniche in sito realizzate in aree limitrofe al tessuto urbanizzato di possibile espansione ha condotto ad una prima caratterizzazione di massima dei caratteri geomeccanici del sottosuolo di Ghisalba.

In questa fase è stato preso in considerazione sia il settore territoriale sviluppato sulle aree terrazzate sommitali (livello fondamentale della pianura) sia le aree limitrofe all'alveo attuale del F. Serio già parzialmente interessate da interventi edilizi residenziali e produttivi.

In linea generale in tutto il settore considerato è rilevabile la presenza di una prima litozona prevalentemente ghiaiosa con valori N_{SPT} caratteristici di terreni con grado d'addensamento da medio ad elevato. Tale litozona è sovrastata da un strato pedogenizzato di spessore compreso tra 0.6-1.6 metri circa (coltivo, riporti).

Gran parte delle penetrometrie eseguite sono terminate nell'orizzonte addensato sottostante per rifiuto all'avanzamento non permettendo la determinazione esatta dello spessore del livello; abbiamo potuto verificare che tale situazione è determinata dalla presenza di livelli conglomeratici più o meno cementati e da ghiaia molto grossolana.

In alcune verticali penetrometriche si è potuta superare la resistenza dello strato più compatto generalmente presente fra i 2 e 4 metri di profondità identificando a profondità superiori alternanze di livelli mediamente addensati e sciolti.

Nella successiva tabella vengono riportati i parametri geomeccanici più significativi mediati dai dati ricavati dalle prove penetrometriche:

Prof. base strato (m)	**N_{spt} medio equivalente**	**Angolo d'attrito** (°)	**Peso di volume naturale** (t/mc)	**Densità relativa** %	**Modulo di Young** (kg/cmq)
1,00	3	22	1,86	41	56
1,60	7	25	1,90	49	165
2,20	21	33	2,09	77	801
3,40	36	38	2,21	91	1770
5,00	17	30	1,95	56	604
5,60	51	43	2,21	91	2829

Dall'interpretazione dei dati sopra citati, integrati dall'esame delle stratigrafie dei pozzi esistenti nel settore esaminato, è riconoscibile la presenza di depositi granulari dominanti sino ad una quota di 30 metri circa dal piano campagna anche se non si escludono in tale intervallo livelli a granulometria più fine con caratteri litologici limoso-argillosi; infatti nella prova penetrometrica posta nel settore sud-est (loc. C.na S. Pietro) è stata riscontrata la presenza di depositi con stato di addensamento classificabile da molto sciolto a sciolto: sebbene si tratti presumibilmente di una strutturazione a carattere locale (come dimostrato dai risultati delle restanti verticali di prova) costituisce comunque un elemento di valutazione territoriale da non trascurare ai fini delle future programmazioni.

Le finalità di queste analisi in sito preliminari risiede infatti nella definizione, anche se secondo un limitato numero di punti campione, delle possibili variazioni geomeccaniche e geolitologiche all'interno dell'area di studio le cui esatte definizioni geometrico-strutturali dovranno essere di volta in volta approfondite con ulteriori indagini mirate e correttamente definite in base alle specifiche esigenze dei singoli interventi progettuali.

Si sottolinea pertanto che gli elementi analitici raccolti non devono e non possono ritenersi sostitutivi delle indagini geognostiche di maggior dettaglio prescritte dalle normative vigenti e relative alla pianificazione attuativa e per la progettazione esecutiva.

6.0 - SINTESI DEGLI ELEMENTI VALUTATIVI TERRITORIALI

Questa cartografia tematica rappresenta la sintesi ultima di tutti gli elementi geologico-tecnici ed ambientali identificati ed analizzati sino a questo momento. Il significato di tale elaborato risiede nel fornire una visione globale e chiaramente fruibile di tutti i caratteri di fondamentale interesse ai fini della pianificazione del settore territoriale studiato. Sono stati presi in considerazione i seguenti fattori valutativi (v. **TAV. 5**):

A - caratteri geomorfologici delle aree

- caratteri strutturali e morfometrici delle aree

B - parametri litologici

- caratteristiche litologiche dominanti nel primo sottosuolo

C - parametri idrogeologici

- andamento delle curve isofreatimetriche (soggiacenza della tavola d'acqua)
- presenza e distribuzione areale di particolari strutture idrogeologiche di superficie
- corsi d'acqua di una certa importanza
- corsi d'acqua superficiali artificiali di piccola e media importanza (colatori, rogge)

D - parametri geotecnici

- dati derivanti da saggi di terreno (caratteristiche geolitologiche del primo sottosuolo)
- dati derivanti da prove penetrometriche
- dati derivanti da perforazioni geognostiche e da pozzi per acqua

All'interno di tale documento si è ritenuto di riconoscere e definire i diversi gradi di **vulnerabilità idrogeologica**:

ELEVATA interessa:

- alveo del fiume Serio
- fontanili
- litologia ghiaiosa
- suoli prevalentemente sottili con scheletro abbondante
- drenaggio da buono a rapido
- aree esondabili (T=200 anni)
- soggiacenza della falda < 5 m dal p.c.

ALTA interessa:

- aree di transizione all'alveo del fiume Serio in corrispondenza di bassi terrazzi
- litologia ghiaioso-sabbiosa
- suoli moderatamente profondi
- drenaggio rapido
- soggiacenza della falda compresa tra 5 m e 10 m dal p.c.

MEDIO-ALTA interessa:

- superfici subpianeggianti
- litologia ghiaioso-sabbiosa
- suoli da moderatamente profondi a profondi
- drenaggio da mediocre a buono
- soggiacenza della falda > 10 m dal p.c.

7.0 – VINCOLI ESISTENTI

Anche le principali limitazioni d'uso del territorio derivanti dalle normative in vigore sono state riportate nella **TAV. 5** con particolare riferimento a:

- FASCE FLUVIALI RELATIVE AL "PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DEL FIUME PO (PAI)", ai sensi della L. 18.05.1989 n. 183

- LIMITE ESTERNO FASCIA B così come determinato dallo Studio Idraulico realizzato secondo il "**metodo approfondito**": definito dall' **Allegato 3** della D.G.R. 11/12/2001 n. 7/7365

- AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE: per la salvaguardia dei requisiti di qualità delle acque destinate al consumo umano, emunte dai pozzi di approvvigionamento pubblico, così come sono state individuate dal D. Lgs. 152/1999 e successive modifiche (D. Lgs. N. 258 del 18/8/2000):

- Zona di tutela assoluta: fascia di almeno 10 m all'intorno del punto di captazione in cui c'è divieto assoluto di intervenire sul territorio.

- Zona di rispetto: fascia di almeno 200 m all'intorno del punto di captazione in cui sono previste limitazioni alla destinazione d'uso del territorio.

- AREE DI RISPETTO DEL RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE E DELLE RELATIVE SPONDE, ai sensi del R.D. n. 523/1904 e D. Lgs. n. 258/2000 (art. 41).

Inoltre sono state prese in considerazione quelle zone interessate dalla presenza di infrastrutture di pubblica utilità e di interesse pubblico (depuratore, centro raccolta differenziata di rifiuti, ecc.).

- GRAN PARTE DEL TERRITORIO COMUNALE È INSERITO ALL'INTERNO DEL PARCO NATURALE DEL SERIO.

La cartografia di sintesi e dei vincoli ha permesso quindi di ottenere un quadro riassuntivo dei tematismi territoriali necessari per la successiva fase di definizione della fattibilità geologica territoriale.

8.0 - FATTIBILITA' GEOLOGICA

INTRODUZIONE

La definizione delle aree a differente fattibilità geologica deriva dall'analisi comparata di tutti gli elementi fisiografici primari (geomorfologici, geologico-tecnici) rapportati ai caratteri di pericolosità ambientale dei settori territoriali specifici. In tal modo si è giunti ad una zonazione territoriale in "categorie territoriali di fattibilità geologica" dei siti di interesse secondo lo schema classificativo previsto dalla D.G.R 29 Ottobre 2001 n° 7/6645 (v. **TAVV. 6a e 6b**):

Classe 1: fattibilità senza particolari limitazioni
Classe 2: fattibilità con modeste limitazioni
Classe 3: fattibilità con consistenti limitazioni
Classe 4: fattibilità con gravi limitazioni

Si ricorda che la definizione delle classi di fattibilità, costituisce comunque il frutto di valutazioni geologico-tecniche con validità a carattere generale; i limiti territoriali tra le differenti zonazioni non devono pertanto essere considerati come elementi assoluti ed irremovibili, bensì come aree transizionali per le quali il grado di fattibilità specifico dipenderà in modo sostanziale dalle condizioni geologiche e geotecniche rilevabili attraverso l'esecuzione delle indagini puntuali suggerite nella proposta di normativa qui di seguito riportata.

Si sottolinea che tutte le indagini geotecniche realizzate ai fini del presente lavoro assumono un significato puramente preliminare: non dovranno e non potranno essere considerate sostitutive delle eventuali indagini geognostiche necessarie ai fini della realizzazione di ogni singola tipologia edificatoria.

A ciascuna classe di fattibilità corrisponde è stata realizzata una "scheda" al cui interno vengono riassunti i caratteri geologico-tecnici salienti delle aree medesime unitamente ad una proposta di standard realizzativo delle indagini geognostiche.

8.1 - IDENTIFICAZIONE DELLE AREE IN BASE ALLE CLASSI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA

CLASSE 1: *fattibilità geologica senza particolari limitazioni*

Comprende quelle aree caratterizzate da una strutturazione geologica favorevole alla realizzazione ed allo sviluppo del tessuto urbanistico. In essa viene quindi identificata una categorizzazione ***ottimale*** al fine di un potenziale sviluppo anche diversificato del tessuto urbanistico-edificatorio.

Ubicazione:
settore centro-orientale del territorio comunale

Morfologia:
aree altimetricamente elevate situate in corrispondenza del Livello Fondamentale della Pianura

Litologie:
la struttura stratigrafica per il primo sottosuolo è schematizzabile come segue:

0,00 - 1,00 m *Terreno di alterazione superficiale (vegeto-coltivo) costituito da limi bruno rossastri associati a subordinata ghiaia*

1,00 - 4,00 m *Ghiaia grossolane con livelli conglomeratici cementati*

4,00 - 10.00 m *Ghiaie e sabbie con locali intercalazioni sabbioso-limose*

Si possono rilevare a livello locale variazioni nello spessore delle ghiaie addensate con conseguente scadimento dei caratteri geomeccanici.

Idrologia di superficie:
assenza di strutture idrografiche limitanti ai fini programmatici e di fenomeni di stagnazione superficiale.

Idrogeologia:
assenza di strutture idrogeologiche peculiari quali fontanili o zone di risorgive; livello freatico stimabile intorno alla quota media di circa 155 metri sul livello del mare (soggiacenza media del primo corpo acquifero freatico pari a 15 m circa da p.c., ininfluente ai fini delle opere edificatorie).

Geotecnica:
piano di posa fondazionale dovrà coincidere con orizzonti geomeccanicamente adatti costituiti dalla litozona ghiaiosa non sottoposta a fenomeni di alterazione superficiale.

NORMATIVA

A. Opere d'edilizia residenziale privata (max 3 piani fuori terra)

Indagine geognostica: atta a verificare la natura litostratigrafica del sottosuolo influenzato, direttamente o indirettamente, dalle opere in progetto, i caratteri d'esercizio specifici e la tipologia ottimale delle fondazioni, la soggiacenza della falda freatica in relazione alle possibili interferenze con le opere in progetto.

Relazione esplicativa: descrizione delle indagini eseguite atte a definire i caratteri d'esercizio specifici delle opere di fondazione e la tipologia progettuale scelta.

B. Opere d'edilizia residenziale privata oltre i 3 piani fuori terra, opere d'edilizia pubblica ed edifici strumentali

Indagine geognostica: caratterizzazione geomeccanica del sottosuolo adeguata alle dimensioni, al tipo, alle caratteristiche strutturali, all'importanza delle opere previste ed alla complessità del sottosuolo. In particolare, entro la profondità d'influenza delle fondazioni dovrà essere verificata la reale soggiacenza della falda freatica al fine di prevedere le possibili interferenze con le opere in progetto.

Relazione geotecnica: atta a definire i caratteri d'esercizio specifici delle opere di fondazione, la tipologia progettuale ottimale e l'entità dei cedimenti in rapporto alle sollecitazioni limite.

C. Piani di lottizzazione

- *nel caso di cui al precedente punto A)*

Indagine geognostica: atta a verificare a grandi maglie la natura litostratigrafica dell'area interessata dal piano di lottizzazione ed individuazione di eventuali problematiche (terreni scadenti, falde sospese, ecc).

Relazione esplicativa: atta a definire i caratteri geolitologici ed idrogeologici dell'area di lottizzazione con eventuali limitazioni in ordine alle opere di fondazione ed alla tipologia dei possibili edifici da realizzarsi.

I dati raccolti dovranno essere successivamente integrati con opportune indagini (così come previsto al precedente punto A) per una più puntuale e specifica definizione dei caratteri geomeccanici dei terreni interessati da ogni singola struttura edilizia.

- *nel caso di cui al precedente punto B)*

  Vale anche in questo caso quanto indicato nel precedente paragrafo, il tutto adeguato all'importanza delle opere previste ed alla complessità del sottosuolo. In particolare, entro la prevista profondità d'influenza delle fondazioni dovrà essere verificata la soggiacenza della falda freatica al fine di prevedere possibili interferenze e/o zone con caratteri geomeccanici scadenti.

D. Costruzioni in zona agricola

Valgono le indicazioni fornite ai punti A) per l'edilizia residenziale rurale e B) per le strutture agricole (stalle, capannoni deposito, vasche liquami, ecc.).

CLASSE 2: *fattibilità geologica con modeste limitazioni*

Comprende quelle aree caratterizzate da una strutturazione geologica favorevole alla realizzazione ed allo sviluppo del tessuto urbanistico, ma secondo precisi criteri progettuali finalizzati alla identificazione, caso per caso, delle condizione morfologiche e geotecniche specifiche conservative ai fini della identificazione della corretta vocazione d'uso del suolo; comprende inoltre l'AREA ESONDABILE A RISCHIO MEDIO R2 come definita dallo Studio Idraulico già citato; si renderà necessario proporre in alcuni casi l'adozione di provvedimenti cautelativi nel rilascio delle concessioni edilizie.

Ubicazione:

fascia sviluppata nel settore sud-occidentale del territorio comunale.

Morfologia:

zone appartenenti prevalentemente al terrazzo immediatamente sottostante al L.f.d.p.

Litologie:

la struttura stratigrafica per il primo sottosuolo è schematizzabile come segue:

0,00 - 0,80 m Terreno di alterazione superficiale costituito da limi brunastri associati a ghiaia

1,00 - 4,00 m Ghiaia grossolane da mediamente addensato ad addensato

4,00 - 10.00 m Ghiaie e sabbie con locali intercalazioni sabbiose

Si possono rilevare a livello locale variazioni nello spessore delle ghiaie addensate con conseguente scadimento dei caratteri geomeccanici.

Idrologia di superficie:

presenza di paleostrutture idrografiche limitanti ai fini programmatici con possibili fenomeni di scorrimento e/o stagnazione superficiale.

Idrogeologia:

livello freatico stimabile intorno alla quota media di circa 155 metri sul livello del mare (soggiacenza media del primo corpo acquifero freatico pari a 10 m circa da p.c., ininfluente ai fini delle opere edificatorie di tipologia ordinaria).

Geotecnica:

piano di posa fondazionale dovrà coincidere con orizzonti geomeccanicamente adatti costituiti dalla litozona ghiaiosa non sottoposta a fenomeni di alterazione superficiale.

L'elemento valutativo limitante ai fini progettuali è costituito dall'inserimento del settore a nord della S.P. n. 97 nella fascia B del PAI sulla base dello Studio Idraulico realizzato con il "metodo approfondito". Tale studio assegna un fattore di rischio medio R 2 per il quale sono possibili danni minori agli edifici ed alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e lo svolgimento delle attività socio-economiche

Le aree caratterizzate da fattore R 2 possono ritenersi generalmente in condizioni di compatibilità e quindi può essere attuato il P.R.G.

NORMATIVA

Per gli interventi compresi nelle aree in Classe 2 valgono le indagini suddette per la Classe 1; esse devono essere integrate con verifiche della capacità di drenaggio dei terreni di fondazione in relazione alla minore soggiacenza della falda freatica.

Nel settore R2 in cui il tirante idrico è compreso fra 0,00 m e 0,10 m per una piena con T=200 anni potrà essere consentita la realizzazione di interrati e seminterrati senza permanenza continua di persone con divieto di deposito di materiali di natura tossico-nociva.

In sede di rilascio dei permessi edificatori dovrà essere definito il livello minimo di calpestio delle superfici abitabili.

CLASSE 3: ***fattibilità geologica con consistenti limitazioni***

Ubicazione:

fasce sviluppate nel settore occidentale del territorio comunale parallelamente al corso del f. Serio.

Morfologia:

zone prevalentemente di transizione all'alveo ed aree depresse

Litologie:

la struttura stratigrafica per il primo sottosuolo è schematizzabile come segue:

0,00 - 0,50 m Terreno di alterazione superficiale costituito da limi brunastri associati a ghiaia

0,50 - 1,70 m Ghiaia sabbiosa da mediamente addensata ad addensata

1,70 - 5,00 m Ghiaie grossolane con locali intercalazioni sabbiose

Idrologia di superficie:

presenza di paleostrutture idrografiche limitanti ai fini programmatici con possibili fenomeni di scorrimento e/o stagnazione superficiale e fontanili.

Idrogeologia:

soggiacenza media del primo corpo acquifero freatico compresa tra 5 e 10 m circa da p.c.

Geotecnica:

piano di posa fondazionale dovrà coincidere con orizzonti geomeccanicamente adatti costituiti dalla litozona ghiaiosa non sottoposta a fenomeni di alterazione superficiale.

NORMATIVA

- *Reticolo idrografico principale e sponde per una fascia di almeno 10 m*
- *Fontanili e sponde per una fascia di almeno 20 m*

In entrambi i casi sono vietati:

- qualsiasi edificazione (R.D. 25 luglio 1904 n. 523),
- qualsiasi intervento edilizio che possa modificare la funzionalità idraulica dei corsi d'acqua,

- la distribuzione di reflui zootecnici ad eccezione di quelli derivanti dalla normale pratica agricola,
- interventi di movimento terra se non derivanti da specifici progetti di riqualificazione ambientale.

Sono consentiti:

- interventi di miglioramento e ripristino della vegetazione ripariale e/o di sistemazione a verde,
- interventi di miglioramento e ripristino della vegetazione e/o di sistemazione a verde con realizzazione di percorsi ciclo-pedonali,
- le eventuali opere attinenti alla corretta regimazione delle acque dovranno privilegiare l'utilizzo delle tecniche proprie dell'ingegneria naturalistica.

❖ *Fascia di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile*

Per un raggio di almeno 200 m dal punto di captazione sono previste limitazioni alla destinazione d'uso del territorio: valgono le prescrizioni contenute al comma 5, art. 21, del D.Lgs. 11.05.1999 n. 152 così come modificato dal D. Lgs. 18.08.2000 n. 258.

Fatte salve le limitazioni d'uso sopra specificate, dal punto di vista della possibilità edificatoria valgono le normative individuate per la rispettiva classe di appartenenza del territorio circostante (Classe 1).

❖ *Zone A, B e C della TAV. 6/a*

Per quanto concerne le zone definite nella TAV. 6/a con le lettere A, B e C ai fini edificatori si applicano le seguenti norme:

* Zone A e C: è vietato qualsiasi nuovo intervento edilizio ad esclusione di quanto previsto dagli artt. 30-39 delle N.T.A. del P.A.I.

* Zona B: sulla base dello Studio Idraulico già citato il settore in oggetto viene inserito nella fascia B del PAI . Lo studio, realizzato con il "metodo approfondito" individuato dalla Delibera Giunta Regionale n. 7/7365, assegna all'area un fattore di rischio elevato R 3 per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici ed alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi ed interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio culturale.

L'approfondimento dello Studio Idraulico mette in evidenza che, sulla base del tirante idrico e della velocità della corrente calcolati, l'edificazione in alcuni settori di questa zona risulta possibile solo con l'adozione di opportuni accorgimenti costruttivi che riducano al minimo o impediscano danni a cose e persone.

A nostro giudizio i settori nei quali risulta sostenibile quanto sopra specificato sono quelli individuati nella Tav. 10.00 dello studio citato e contraddistinti con le lettere: A2 – A4 - A6 – A7- A8 – A9 - A10 – A11 – A12 con tirante idraulico da 0,30 m a 0,50 m.

Per quanto concerne la normativa applicabile si rimanda a quanto riportato nella relazione tecnica sempre del citato Studio Idraulico, paragrafi 7.3 e 7.4.

Per gli interventi edificatori valgono le indagini da eseguirsi per le precedenti Classi di fattibilità integrate con verifiche della capacità di drenaggio dei terreni di fondazione in relazione alla minore soggiacenza della falda freatica ed in conformità a quanto sopra specificato.

Nel settore R3 in considerazione che il tirante idrico è previsto compreso fra 0,30 m e 0,50 m in occasione di piena con T=200 anni dovrà essere evitata la realizzazione di interrati e seminterrati.

In sede di rilascio dei permessi edificatori dovrà essere definito il livello minimo di calpestio delle superfici abitabili sulla base delle quote di sicurezza individuate dallo studio idraulico.

CLASSE 4: ***fattibilità geologica con gravi limitazioni***

Comprende quelle aree caratterizzate da alto rischio idraulico ed idrogeologico NON favorevoli alla realizzazione ed allo sviluppo del tessuto urbanistico. Saranno quindi da escludere nuovi interventi edificatori se non strettamente destinati alla sistemazione ed al contenimento dei dissesti idrogeologici.

NORMATIVA

❖ *Zona di tutela assoluta dei pozzi ad uso idropotabile*

Per un raggio di almeno 10 m dal punto di captazione è vietato qualsiasi intervento sul territorio così come previsto dall'art. 21, comma 4, del D.L. 152/99 così come modificato dal D.L. 18.08.2000 n.258.

❖ *Fascia A del P.A.I.*

Gli interventi sono normati dall'art. 29 delle N.T.A. del P.A.I.

❖ *Zone R4 e settori A1, A3, A5 della zona R3*

Considerato il tirante idraulico di almeno m 1,00, a queste zone vengono estese le normative della fascia A del P.A.I. (art. 29 delle N.T.A.)

Studio Geologico

Dr. Giovanni VAGNI

Via G. MIGLIOLI, 3
26029 SONCINO

9.0 OPERE PRIORITARIE DI SALVAGUARDIA IDRAULICA

Lo studio idraulico ha evidenziato come tecnicamente possibile la realizzazione di un argine di altezza modesta e di ridotta lunghezza, in grado di impedire all'acqua di esondazione di raggiungere per ruscellamento superficiale gran parte della zona urbanizzata sita attualmente in Fascia B e a rischio idraulico R2 e R3.

Tale opera risolverebbe gran parte dei problemi relativi all'allagamento della zona urbanizzata con vantaggi non trascurabili e costi sostanzialmente contenuti.

Per tale motivo è stata predisposta anche una tavola (TAV. 6/b) ricavata dalla Tavola 11.00 dello Studio Idraulico relativa alla individuazione delle classi di fattibilità applicabili successivamente alla realizzazione dell'opera di difesa idraulica sopra considerata.

In pratica tutte le aree comprese fra l'argine in progetto e la S.P. 97, ora con rischio idraulico R3 e R2, rimarrebbero escluse da qualsiasi rischio idraulico connesso con l'attività del corso d'acqua per una piena con T = 200 anni.

Automaticamente anche la individuazione della fattibilità relativa passerebbe dalla Classe 3 alla Classe 2 con conseguente adeguamento della normativa.

Queste indicazioni potranno entrare in vigore al momento della realizzazione dell'opera.

Agosto 2003

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
VAGNI GIOVANNI
n° 160

Alla effettuazione delle indagini, alla realizzazione degli elaborati grafici ed alla stesura della presente Relazione Tecnica hanno contribuito il Dr. Geol. Fausto Crippa, con studio in Monza, Via della Birona, 8, il Dr. Geol. Alberto Soregaroli con studio in Cremona, Via Bosco, 2/E e la Dr.ssa Geol. Loretta Maggi che si ringraziano per la fattiva collaborazione.

APPENDICE

Acquedotto Sponda Sinistra Serio

Localita': Strada Malpaga - GHISALBA

SCALA 1:1000 Data Scavo n. A

Quota di riferim	Profondita'	Sezione terreno	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Pocket Kg/cmq	Tor. Vane Kg/cmq	falda acquifera
	0,7		Terreno di colrutra			
	5,0		Argilla compatta e ciottoli			
	18,0		Ghiaia argillosa e ciottoli			
	24,0		Argilla compatta e plastica con ciottoli alla base			
	31,0		Ghiaia, ciottoli e sabbia			
	33,0		Alternanza argilla-ghiaia con lenti conglomeratiche			
	41,0		Conglomerato, fessurato a tetto e compatto alla base			
	48,0		Argilla compatta e ghiaia			
	52,0		Arenaria			
	60,0		Argilla con tracce di torba e calcari			
	65,0		Alternanza fra ghiaia e sabbia con arenaria e conglomerato			

Pozzo nuovo comunale

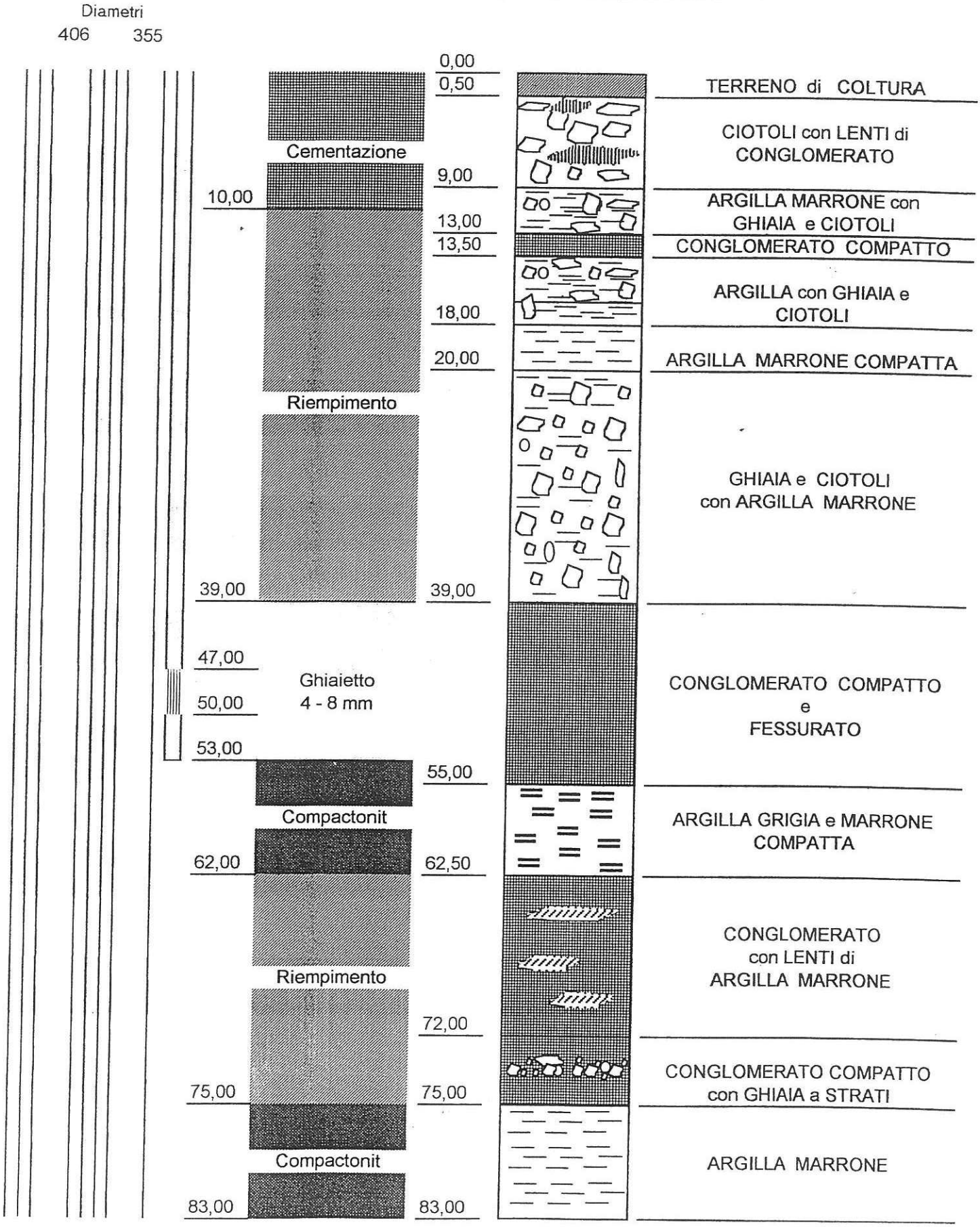
Localita': Via Malpaga - GHISALBA

SCALA 1:1000 Data Scavo n. B

Quota di riferim	Profondita'	Sezione terreno	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Pocket Kg/cmq	Tor. Vane Kg/cmq	falda acquifera
	0,7		Terreno di coltura			
	6,0		Ghiaia e ciottoli			
	8,0		Conglomerato			
	17,0		Ghiaia, ciottoli, argilla			
	21,0		Argilla gialla scura			
	28,5		Ghaia, sabbia e argilla			
	51,5		Conglomerato			
	57,0		Argilla			
	68,6		Congl., ghiaia e sabbia			
	89,4		Argilla con torba			
	91,8		Conglomerato			
	98,0		Ghiaia			
	102,4		Argilla			
	109,0		Sabbia argillosa			
	113,0		Argilla			
	115,0		Ghiaia e conglomerato			
	130,0		Argilla, ghiaia e sabbia			
	137,5		Conglomerato			
	141,5		Ghiaia e lenti di congl.			
	161,0		Argilla			

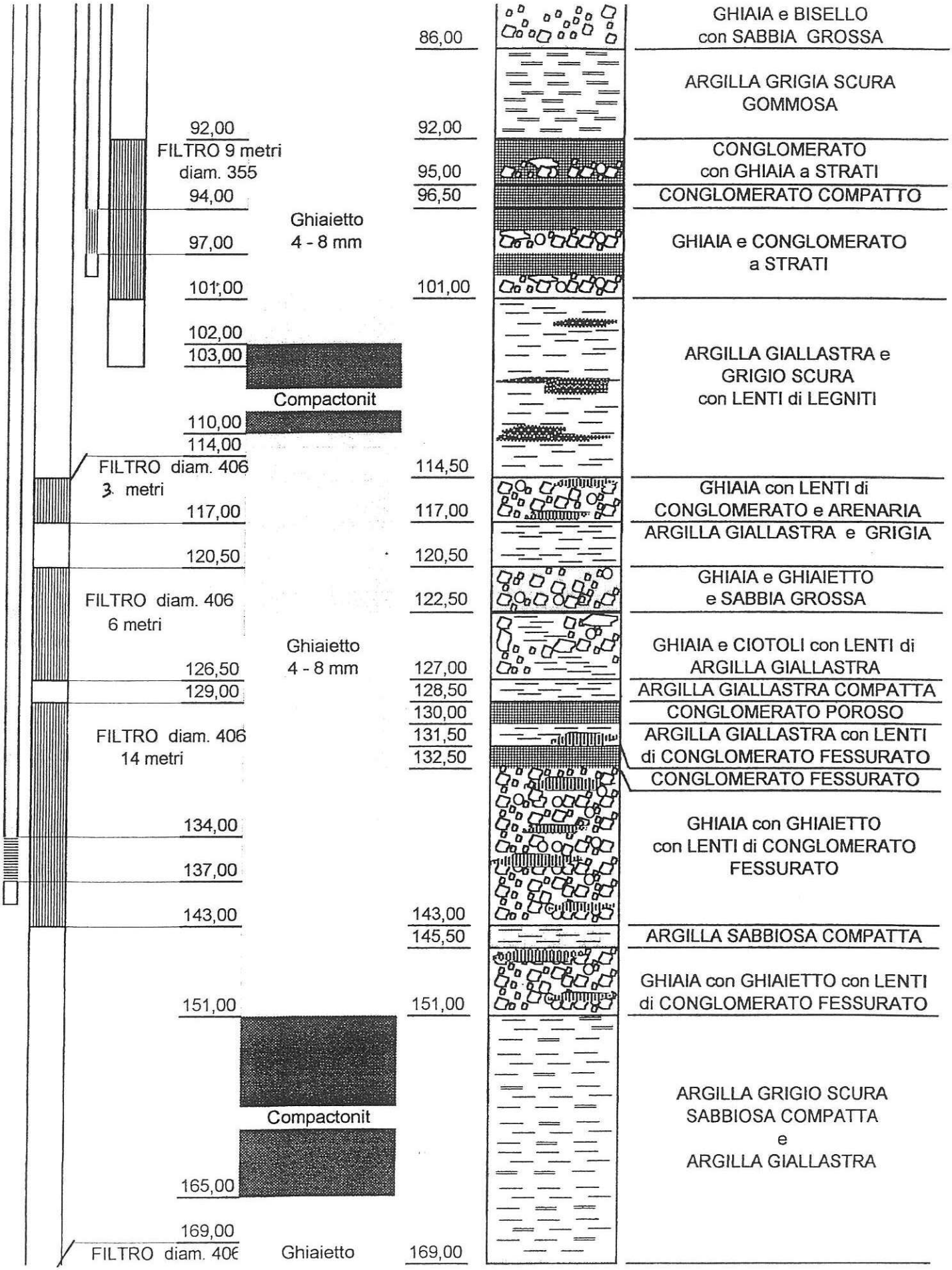
CONSORZIO SERVIZI BACINO del SERIO
Via Macchiavelli, 1
24068 SERIATE (BG)

GHISALBA - POZZO CLUSTER C



Disegno non in scala

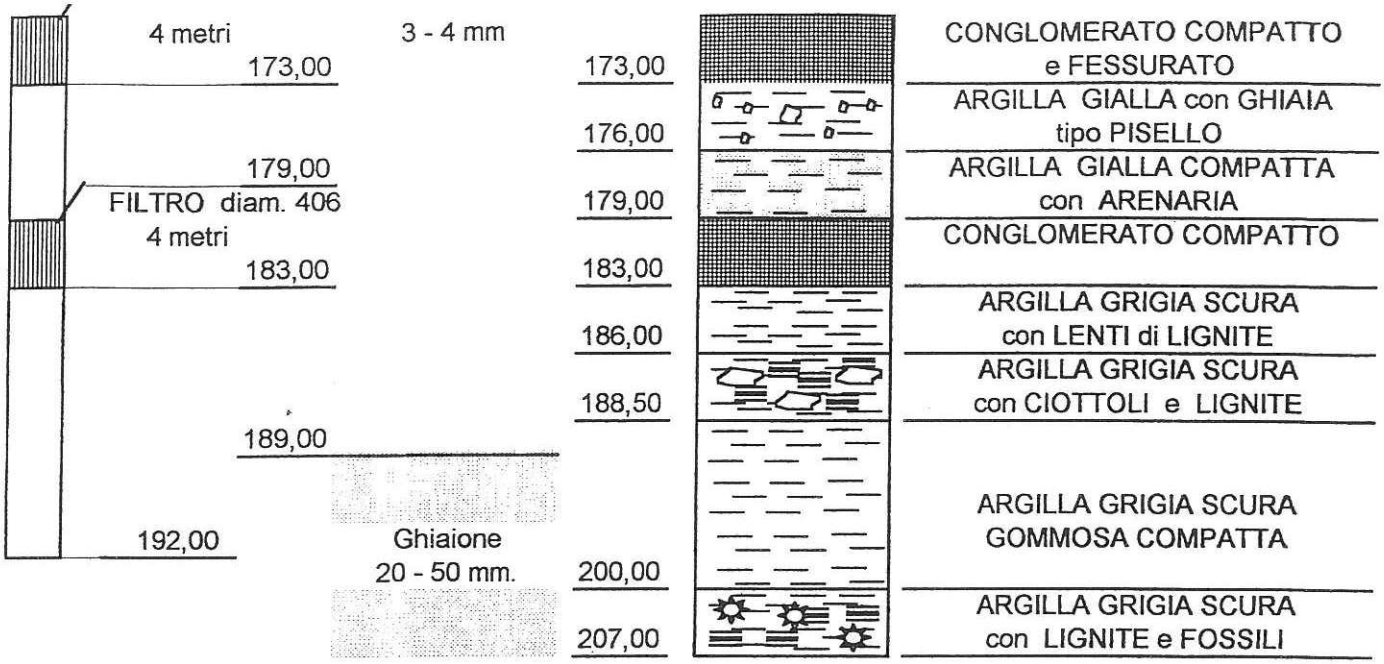
CONSORZIO SERVIZI BACINO del SERIO
Via Macchiavelli, 1
24068 SERIATE (BG)



Disegno non in scala

CONSORZIO SERVIZI BACINO del SERIO
Via Macchiavelli, 1
24068 SERIATE (BG)

GHISALBA - POZZO CLUSTER

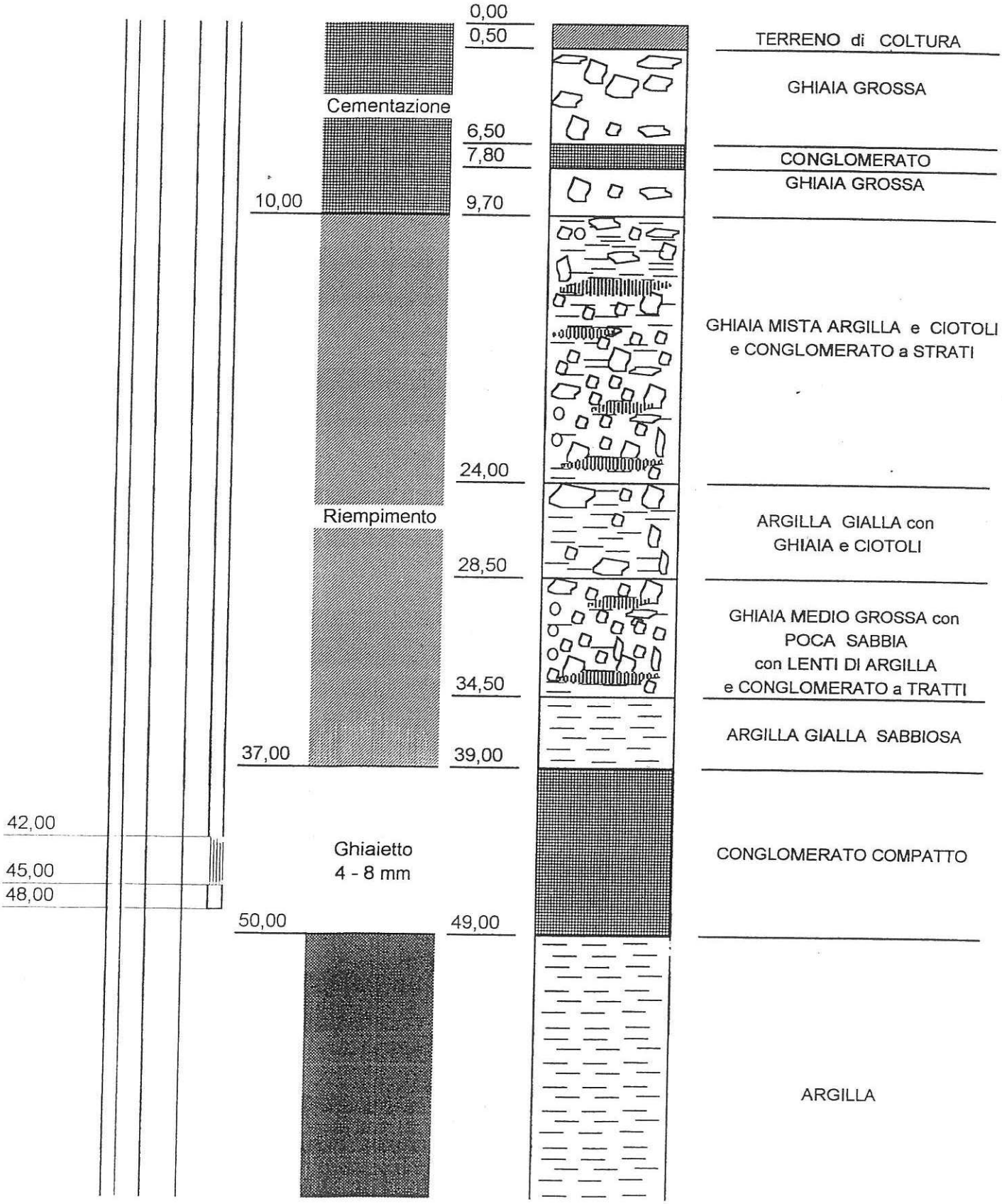


GALAZZINI ERIO & C. s.n.c.
Via Circonvallazione, 3
46040 PONTI s/MINCIO (Mantova)
Cod. fisc./P. I.V.A. 0166109 020 7

Disegno non in scala

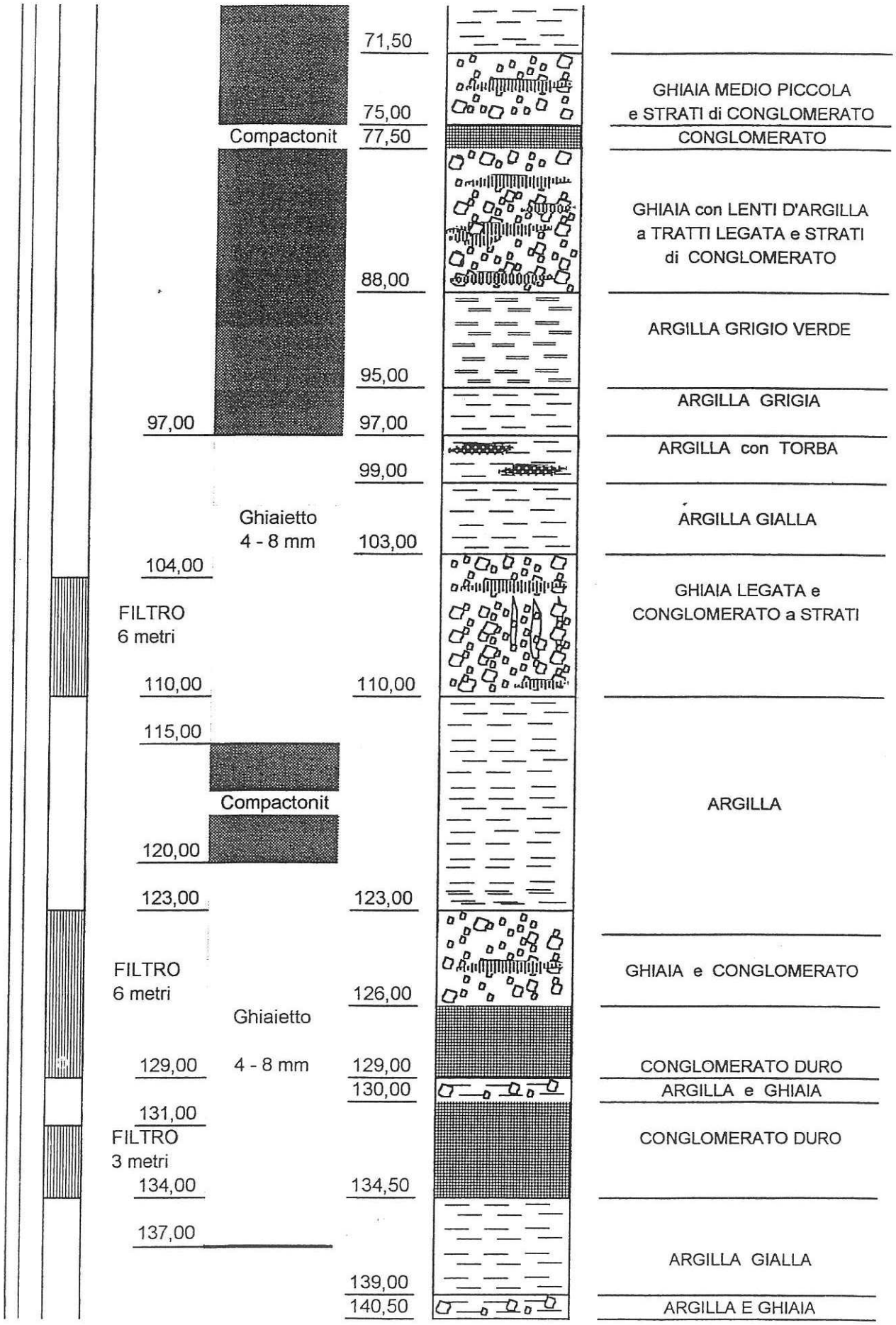
CONSORZIO SERVIZI BACINO del SERIO
Via Macchiavelli, 1
24068 SERIATE (BG)

GHISALBA - POZZO SINGOLO D



Disegno non in scala

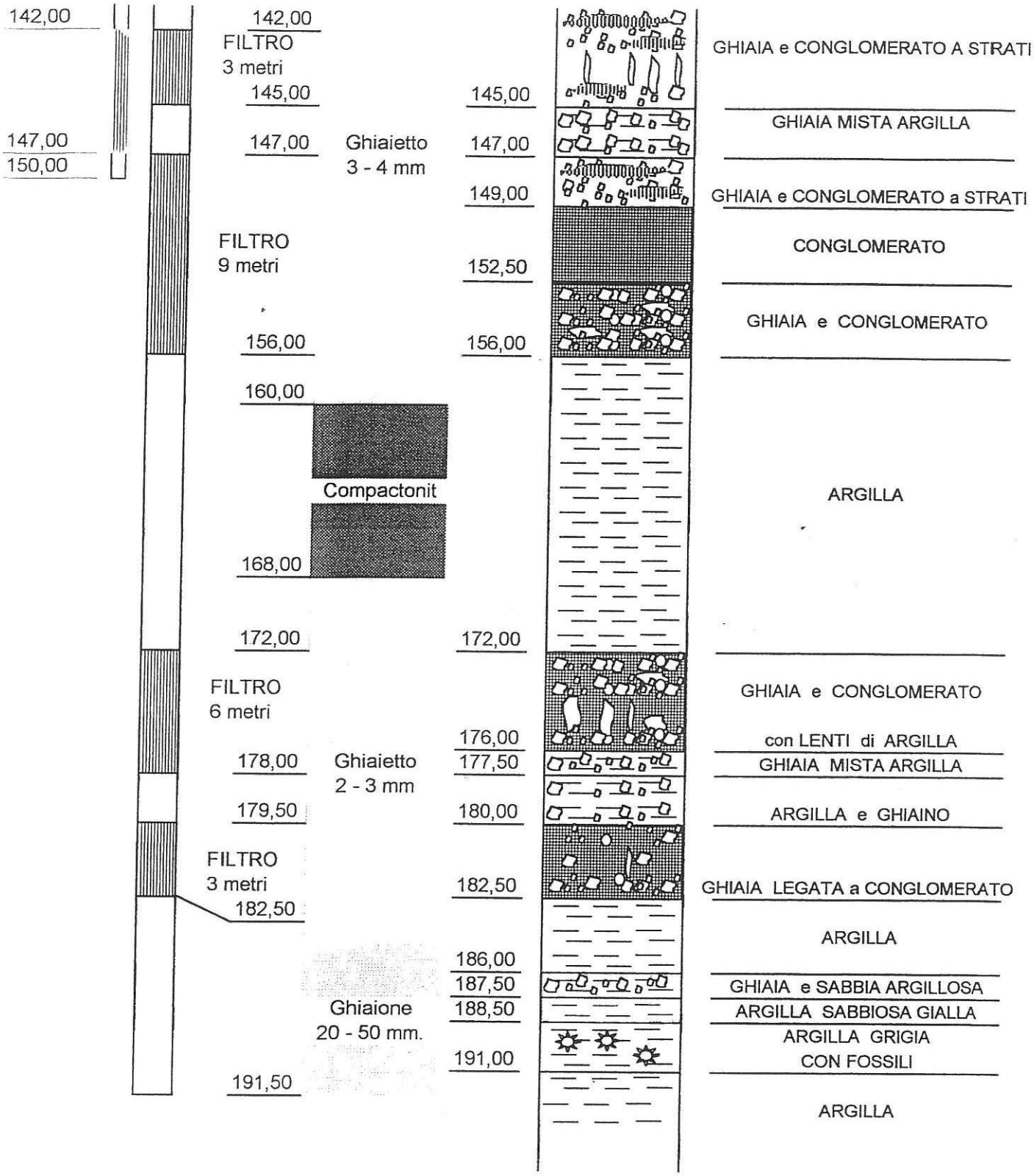
CONSORZIO SERVIZI BACINO del SERIO
Via Macchiavelli, 1
24068 SERIATE (BG)



Disegno non in scala

CONSORZIO SERVIZI BACINO del SERIO
Via Macchiavelli, 1
24068 SERIATE (BG)

GHISALBA - POZZO SINGOLO



GALAZZINI ERIO & C. s.n.c.
Via Circonvallazione, 3
46040 PONTI s/MINCIO (Mantova)
Cod. fisc./P. I.V.A. 0166109 020 7

Disegno non in scala

GHISALBA

Dati Anagrafici	N.ro Pozzi	Fg.	Mapp.	Portata l/sec	Uso	Strat.	NOTE
GTM Via Villanuova C.na Vitevecchia GHISALBA	1	9	531	10,00	V		
Bortolotti e Damiani Via San Desiderio, 11 FLERO	1	10	569	2,00	I.S.		
Az. Agr. Villanova C.na Villanova GHISALBA	1	10	1225	100,00	Ir		
Consorzio di Bonifica della M.P.B. Via S. Antonino 7A BERGAMO	1	3	1206	40,00	Ir		
Consorzio di Bonifica della M.P.B. Via S. Antonino 7A BERGAMO	1	2	1207	45,00	Ir		
Consorzio di Bonifica della M.P.B. Via S. Antonino 7A BERGAMO	1	4	1204	29,00	Ir		
Consorzio di Bonifica della M.P.B. Via S. Antonino 7A BERGAMO	1	6	1226	40,00	Ir		
Teodori Battista Via Fiume Serio, 10 GHISALBA	1		1715	2,00	Ir		
LAVANDERIA ROSANGELA Via XXV Aprile 9/11 GHISALBA	1	9	2047	9,00	I		
FRUTTOBERTI DEI FRATELLI OBERTI Via San Pietro, 2 GHISALBA	1	9	354	3,00	I		
ACCUMA Via Eustachi, 46 MILANO	1	2	680	30,00	I		
CSP PREFABBRICATI Via Provinciale 1/A GHISALBA	1	5	105	0,50	I		
Testa Battista e C. Via Carlo Stampa11/13 GHISALBA	1	6	2480	1,00	I		
Testa Battista e C. Via Carlo Stampa11/13 GHISALBA	1	4 8	1877	1,00	I		
IMMOBILIARE GIOLDO Via Trevasco,17 NEMBRO	1	12	1201	5,00	V		
CARBOSINT Via al Ponte, 14 GHISALBA	1		345	1,00	I		
SOCIETA' CIVILE FONTANA ELETTRICA CIOTLI Via G. Galilei, 10 MARTINENGO	1		315	40,00	Ir		

Dati Anagrafici	N.ro Pozzi	Fg.	Mapp.	Portata l/sec	Uso	Strat.	NOTE
FABBRICA ITALIANA PALLETS Via Provinciale, 53 GHISALBA	1		352	0,75	I.S.		
Az. Agr. Rizzi Luigi e Stefano Via Casali,4 GHISALBA	1	9	748	4,00	Z		
PIANURA Via Costantina,1 BERGAMO	1	11	562	180,00	Ir		
Az. Agr. Martina Maria Luisa Via Italia Carrara 3B GHISALBA	1		2055	10,00	Ir		
Garattini Fratelli Via Dante Alighieri, 10 GHISALBA	1		1155	1,00	Z		
Rizzi Stefano Via dei Casali,4 GHISALBA	1	9	748	4,00	Z		
Manenti Rosario C.na Bergamaschi GHISALBA	1	13	2617	0,10	Z		
Castagna Angelo Via Mornico GHISALBA	1	6	599	3,00	Ir		
Gibellini Leone Mario Via C.na Cossali,62 GHISALBA	1	428		1,50	Z		
Gherardi Giuseppe Strada Francesca, 1GHISALBA	1	6	2024	2,00	Z		

BIBLIOGRAFIA

1. C. S. B. S. (1996) Studio idrogeologico e modello di flusso per la verifica delle possibilità di potenzialmento del campo acquifero di Ghisalba (Bg) a cura di Beretta G.P. et alii

2. E.r.s.a.l. (1998) I suoli della pianura bergamasca sinistra Serio-Progetto Carta pedologica

3. Museo di Sc. Nat. di Bg (1992) Catasto dei fontanili della Lombardia a cura di Pisoni R. e Valle M. Vol. 15

4. Provincia di Bergamo (2000) Carta geologica della Provincia di Bergamo

5. Regione Lombardia (2001) Approvazione direttive per la redazione dello Studio geologico ai sensi dell'art. 3 della l.r. 41/97 – D.G.R. n. 7/6645 del 29/10/2001

6. Regione Lombardia (2001) Attuazione del Piano Stralcio per l?assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI() in campo urbanistico- Art. 17, comma 5, della legge 18 maggio 1989, n. 183.

7. Regione Lombardia-ENI Divisione Agip (2002) Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia a cura di Cipriano Carcano e Andrea Piccin