

REALIZZAZIONE DI OPERE DI LAMINAZIONE NELL'ALTO SEVESO

CUP: B83H19000350002 – CIG: 8150878D4C

(CO-E-158)

PROGETTO DEFINITIVO

MARZO 2022

ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA GENERALE

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDAZIONE	VERIFICA
00	PRIMA EMISSIONE	MARZO 2022	S. Frati	G. B. Peduzzi
01				

RUP

Dott. Ing. MARCO LA VEGLIA

ATI:

MANDATARIA



20133 MILANO – via Bassini, 23 – tel. 0226681264
fax 0226681553 – E-Mail: etatec@etatec.it

Prof. Ing. ALESSANDRO PAOLETTI
Dott. Ing. GIOVANNI BATTISTA PEDUZZI
Dott. Ing. STEFANO CROCI
Dott. Ing. FILIPPO MALINGENGO
Dott. Ing. VINCENZO CICCARELLI

MANDANTI

STUDIO PAOLETTI
INGEGNERI ASSOCIATI

20133 MILANO – via Bassini, 23 – tel. 0226681264
fax 0226681553 – E-Mail: studiopaoletti@etatec.it

Dott. Ing. CRISTINA GIUSEPPINA PASSONI

Sf Studio Frati
geologia applicata

22079 VILLA GUARDIA (CO) – via Monte Grappa, 43a
Tel 3388587308 – E-Mail: frati@geologi.it

Dott. Geol. STEFANO FRATI

FABRIZIO MONZA
ARCHITETTO

20014 NERVIANO (MI) – via Ticino, 27
Tel. 0331415944 – E-Mail: studio@archimonza.it

Arch. FABRIZIO MONZA


DOTT. SSA
ILARIA FRONTORI
ARCHEOLOGA

20093 COLOGNO MONZESE (MI) – via Santa Margherita, 14
Tel. 3383775512 – E-Mail: ilaria.frontori@gmail.com

Dott. ILARIA FRONTORI

TIPOLOGIA

PD

COMMESSA

250–46

DOCUMENTO

ATTI

NUMERO

A.4.4.1

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO GENERALE.....	2
3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE.....	13
3.1 STRUTTURA IDROGEOLOGICA GENERALE	13
3.2 GRUPPI ACQUIFERI LOCALI	15
3.3 CARATTERI PIEZOMETRICI LOCALI	18
4. INDAGINI GEOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE E GEOGNOSTICHE	20
4.1 TIPOLOGIA INDAGINI CONDOTTE	20
4.2 ELENCO INDAGINI CONTOTTE	20
5. MODELLO GEOLOGICO	22
6. MODELLO SISMICO.....	22
7. ASPETTI AMBIENTALI	22

Si allega:

Carta geologica generale scala 1:20.000

Mandanti:

I

1. PREMESSA

La presente relazione geologica è stata redatta a supporto della progettazione definitiva di aree di laminazione dell’alto Seveso.

Le aree interessate sono localizzate in tre settori territoriali della provincia di Como.



Ubicazione aree indagate su CTR – fuori scala

Nello specifico:

- Area Nord / “Tre Camini”: si sviluppa nel territorio comunale di Montano Lucino
- Area Centro / “Lusert”: si sviluppa nel territorio comunale di Villa Guardia
- Area Sud / “Madonna del Noce”: si sviluppa nei territori comunali di Villa Guardia, Luisago e Grandate

Considerata la distanza tra le diverse aree di intervento e la rilevante mole di dati da trattare, per semplicità e più facile lettura è stata redatta una relazione generale (la presente) ed una relazione specifica per ogni singola area di intervento.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO GENERALE

I caratteri geologico-strutturali del territorio in esame si inseriscono in un contesto pedemontano prealpino. In tale zona le formazioni rocciose dei rilievi montani lariani tendono ad approfondirsi sotto elevati spessori di depositi sciolti quaternari geneticamente legati alle glaciazioni alpine. In particolare il settore del territorio interessato dagli interventi in progetto è situato al passaggio tra le ultime pendici collinari delle Prealpi Comasche e gli ambiti terrazzati pianeggianti digradanti verso Sud (alta pianura terrazzata lombarda), in un contesto caratterizzato dalla presenza di morfologie ereditate dagli eventi glaciali che si sono succeduti nel corso del Quaternario. Durante questo periodo si è verificata una lunga serie di glaciazioni, convenzionalmente raggruppati nella tre fasi Mindel, Riss e Wurm, che, dopo aver percorso le vallate alpine presenti a monte del territorio esaminato, hanno raggiunto la pianura, edificando l'anfiteatro morenico del Lario, con tutte le morfologie glacigeniche più caratteristiche, che hanno modellato il paesaggio attualmente visibile, con la presenza di cordoni morenici, terrazzi e piane fluvio-glaciali e conferendogli, quindi, un aspetto vario e articolato.

Durante il Quaternario il settore pedemontano della provincia di Como è stato interessato dalla presenza di un grosso ghiacciaio che scendeva lungo il solco del lago di Como per poi aprirsi a ventaglio verso la pianura. Il ghiacciaio costituiva la propaggine più meridionale di un complesso sistema glaciale che raccoglieva i ghiacci della Val Chiavenna, della Val Bregaglia e della Valtellina e si ripartiva verso sud in più rami a formare i lobi pedemontani di Como, Lecco e della Brianza etc.

Le glaciazioni erano caratterizzate da fasi di avanzamento della lingua glaciale, in cui i processi di maggiore importanza sono l'erosione e il trasporto del materiale, e da fasi di arretramento per fusione del ghiaccio, durante le quali il materiale sedimentato viene eroso dall'elevata quantità di acqua presente e depositato a valle formando delle estese piane alluvionali. Questi cicli di sedimentazione ed erosione da parte delle fiumane pleistoceniche degli episodi glaciali, hanno creato un sistema di terrazzi, che attualmente occupa la porzione

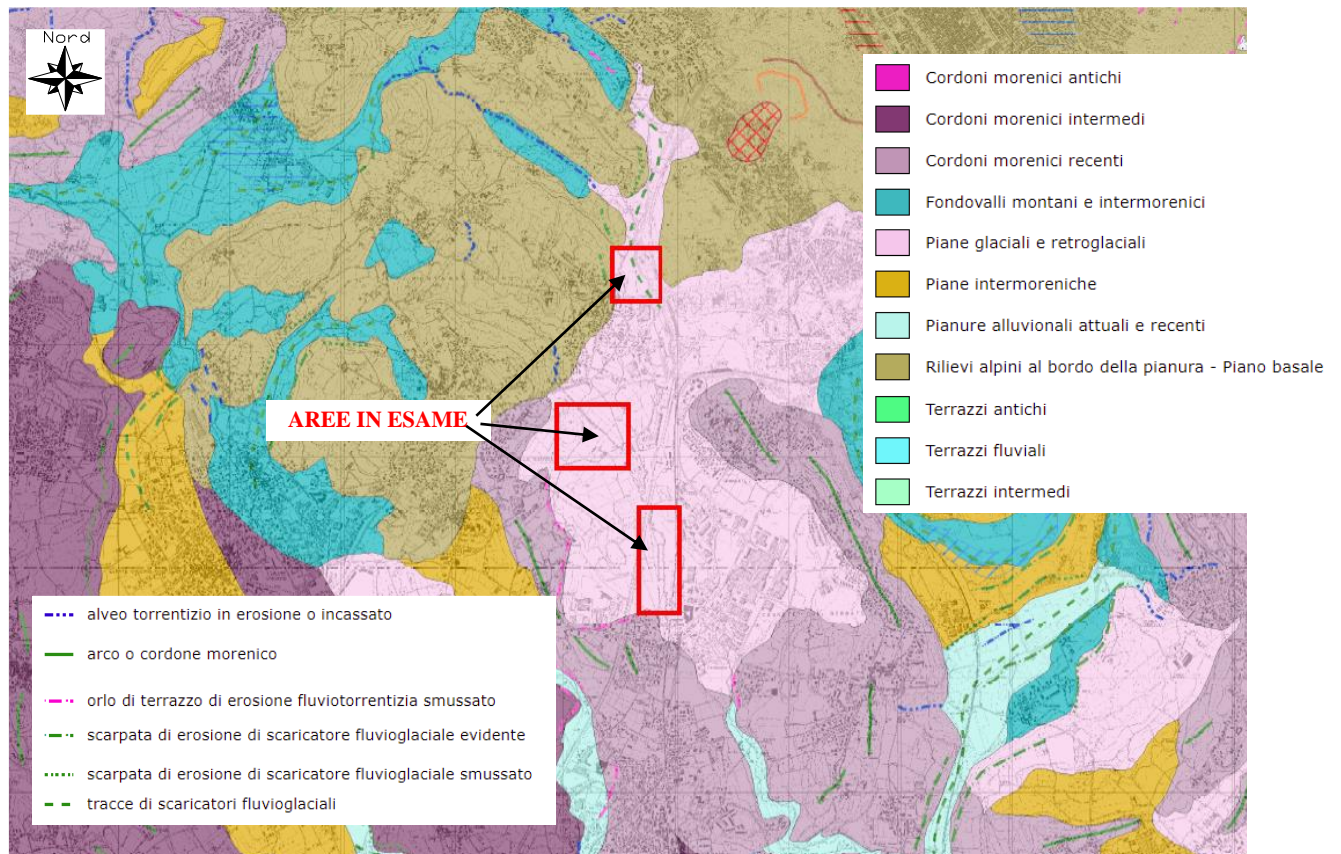
più alta della pianura ai piedi degli anfiteatri morenici. All'interno delle varie cerchie moreniche che costituiscono gli anfiteatri, sono presenti depositi terrazzati sciolti di natura prevalentemente sabbioso-ghiaiosa ricollegabili all'azione degli scaricatori glaciali e dei corsi d'acqua attuali.

Dove le acque di fusione glaciale non trovavano libero sfogo, si formavano dei piccoli laghi inframorenici, dove avveniva la sedimentazione di limi sabbiosi e limi argillosi. Il continuo succedersi di questo ciclo ha formato delle zone terrazzate i cui settori a quota maggiore sono da riferire ad eventi più antichi mentre quelli più bassi rappresentano depositi più recenti.

Sotto il profilo morfologico, l'area è caratterizzata da ondulazioni collinari corrispondenti ai cordoni morenici / substrato roccioso e alle aree subpianeggianti e vallette (che si collegano, verso sud, alla piana alluvionale del Fiume Seveso) interposte tra questi, caratterizzati da differente granulometria e drenaggio dei depositi. L'assetto morfologico della zona denota evidenti rapporti con la natura litologica e risente in modo significativo dell'azione modellatrice esercitata in età pleistocenica dai ghiacciai alpini.

Gli elementi morfologici che determinano la forma del suolo e le caratteristiche fisiografiche del paesaggio si possono ricondurre alle seguenti:

- l'ossatura rocciosa gonfolitica costituente le emergenze e il substrato roccioso dell'area pede-prealpina (rilievi alpini al bordo della pianura);
- gli anfiteatri morenici con gli imponenti accumulo di materiale detritico disposti in allineamenti collinari e cerchie moreniche (cordoni morenici recenti, intermedi);
- le aree pianeggianti all'interno degli archi morenici (piane glaciali e retroglaciali, piane intermoreniche);
- le aree pianeggianti vallive degli attuali corsi d'acqua che collegano le cerchie moreniche con le sottostanti pianure (fondovalle montani e intermorenici);
- le pianure fluvio-glaciali costituenti le aree pianeggianti terrazzate del tratto meridionale (cordoni morenici intermedi, terrazzi intermedi ecc);
- pianure alluvionali attuali e recenti.



Estratto da "Basi Ambientali della Pianura – Geomorfologia" - Regione Lombardia – fuori scala

In posizione centrale è presente la valle del torrente Seveso il cui percorso risulta inizialmente condizionato dalla presenza del substrato roccioso gonfolitico, caratterizzato quindi da una piana alluvionale recente particolarmente stretta e poco profonda, e più a sud dalle morfologie glacigeniche.

La zona della piana alluvionale del Seveso si è generata a seguito del ritiro dei ghiacciai mediante processi di sedimentazione discontinui, sia nel tempo che nello spazio, con riprese dell'avanzata glaciale che ha eroso e deformato i depositi lacustri sedimentati nelle fasi precedenti. L'assetto morfologico che ne è derivato è caratterizzato da una conca sub-pianeggiante con linee di pendenza deboli.

In profondità la piana alluvionale è caratterizzata da depositi spesso privi di continuità stratigrafica e con variazioni laterali repentine.

Dal punto di vista geologico-litologico, le litologie presenti nell'area appartengono a due unità principali: la prima è costituita da un substrato roccioso che consiste nella formazione della Gonfolite di età oligocenica-miocenica, la seconda unità è rappresentata dai depositi sedimentari posti direttamente al di sopra il substrato gonfolitico e legati al periodo quaternario e di origine fluvio-glaciale ed alluvionale.

Ad essi si aggiunge (in profondità, nelle aree pianeggianti più a sud) una formazione di sedimenti marini o di piana deltizia di età villafranchiana costituita da limi argillosi e limi sabbiosi varvati.

Di seguito si riporta la successione stratigrafica che caratterizza il settore territoriale di studio.

SUBSTRATO LAPIDEO - GRUPPO DELLA GONFOLITE LOMBARDA

Il substrato roccioso che caratterizza il territorio è formato da successioni sedimentarie appartenenti al "Gruppo della Gonfolite Lombarda" (Oligocene-Miocene).

Si indica con tale termine tutta la successione di età oligo-miocenica che affiora a tetto della Formazione di Chiasso, che si sviluppa ai piedi delle Prealpi tra le città di Como e Varese.

Il Gruppo della Gonfolite Lombarda costituisce un deposito di conoide sottomarina a composizione silicoclastica (che affiora a tetto della Formazione di Chiasso), generatosi in un ambiente a rapida subsidenza ed elevata velocità di sedimentazione

Nell'ambito del Gruppo della Gonfolite si distinguono diverse litofacies, che rappresentano il risultato di una sedimentazione estremamente rapida ed irregolare ad opera di flussi gravitativi in ambiente marino profondo.

Sintetizzando si possono distinguere nell'area comasca, dal basso verso l'alto, le seguenti formazioni costituenti il Gruppo:

- conglomerati a supporto clastico e, in quantità minore a supporto di matrice, da medi a grossolani, costituenti il Conglomerato di Como (FCM) *Cattiano Superiore*;
- in parziale eteropia con la parte superiore conglomeratica, è presente una successione arenaceo-pelitica articolata in peliti di Prestino (RSI) (*Cattiano Superiore – Aquitaniano*), e arenarie della Val Grande (VGD) (*Burdigaliano*);
- al di sopra di tutte le precedenti unità seguono nuovamente conglomerati a supporto clastico, associati ad arenarie conglomeratiche massive o rozzamente laminate: i conglomerati di Lucino (LUI) (*Burdigaliano*)

Lo spessore totale del gruppo nell'area Comasca è dell'ordine dei 2000 metri.

Conglomerato di Como

I conglomerati di Como costituiscono una successione di spessore stimabile attorno a 1000 m circa e rappresentano l'aspetto più caratteristico del Gruppo della Gonfolite. Costituiscono quasi interamente i rilievi a SO della città di Como, compresi all'interno del Parco della Spina Verde. Verso O si estendono fino al settore varesino.

Il conglomerato di Como è costituito da dominanti conglomerati grossolani con rare intercalazioni pelitiche. Sulla base delle evidenze petrografiche e sedimentologiche è possibile distinguere i seguenti due membri: Membro di Villa Olmo (FCM₁) e Membro di Camerlata (FCM₂).

È presente una coltre di alterazione discontinua e di spessore variabile che rende i litotipi estremamente fragili (fenomeni di arenizzazione e di argillificazione della matrice e dei clasti costituenti il conglomerato).

Peliti di Prestino (RSI)

Le peliti di Prestino costituiscono un corpo lentiforme molto articolato dello spessore intorno ai 450-535 m (che si assottiglia verso NE), principalmente esteso in direzione NW-SE che può essere sia interdigitato, sia sovrapposto ai Conglomerati di Como.

Le peliti di Prestino sono costituite da argille marnoso-siltose di colore grigio-verde ad alterazione grigio-nocciola con intercalazioni di areniti fini in strati da fini a medi, con base netta, a laminazione piano-parallela e a *ripple*; tali intercalazioni sono più frequenti nella porzione inferiore. La stratificazione è generalmente sottile, ma spesso vi sono intervalli amalgamati dove la stratificazione è mal distinguibile. Nella parte bassa della formazione si osservano alcuni *pebbly mudstones* con ciottoli di medie dimensioni (5-10 cm).

Arenarie della Val Grande (VGD)

La denominazione deriva dalla Val Grande, ubicata tra S. Fermo della Battaglia e Lucinasco e percorsa da un affluente di destra del F. Seveso. Le arenarie della Val Grande affiorano all'interno dell'omonimo impluvio, situato tra i comuni di San Fermo della Battaglia e Montano Lucino, dove sono esposte sezioni discontinue di decine di metri di spessore.

Il limite inferiore, transizionale, è con le peliti di Prestino o con il Conglomerato di Como. Il limite superiore è con i conglomerati di Lucino. Lo spessore delle arenarie della Val Grande è stato calcolato intorno ai 700-725 m

La facies più caratteristica delle arenarie della Val Grande è costituita da banchi metrici tabulari di areniti medie e grossolane, a cemento carbonatico. I banchi possono essere massivi o a gradazione diretta, con laminazioni piano-parallele a tetto; l'alterazione superficiale di questi banchi produce generalmente esfoliazione cipollare. Si osservano inoltre sporadici livelli di conglomerati a supporto clastico da medi a fini, livelli arenitici con sequenze di Bouma incomplete e intercalazioni da decimetriche a pluridecimetriche di peliti marnose finemente stratificate o bioturbate.

Conglomerati di Lucino” (LUI)

Il termine comprende tutti quei conglomerati che affiorano malamente nei dintorni di Montano Lucino. I conglomerati di Lucino costituiscono i rilievi di Gironico, Castello, Montano Lucino e Villa Guardia. Le peliti di Lucinasco (LUI_a) si osservano lungo il Fosso Lusert presso Lucinasco. Le peliti di Lurate Caccivio (LUI_b) affiorano estesamente nell'area compresa tra Villa Guardia, Lurate Caccivio e C.na S. Vittore (a E di Maccio) .

La facies tipica dei Conglomerati di Lucino è rappresentata da conglomerati medio-grossolani a supporto clastico o di matrice, organizzati in banchi tabulari internamente disorganizzati. In alternativa, si possono avere arenarie conglomeratiche massive in strati da medi a spessi con clasti pelitici, probabilmente erosi dalla formazione di Chiasso. Lateralmente, i conglomerati passano tramite eteropia di facies a corpi pelitici con una distribuzione areale ben definita.

Si definiscono due membri dei Conglomerati di Lucino: le *Peliti di Lucinasco* e le *Peliti di Lurate Caccivio*.

- Peliti di Lucinasco (LUI_a): alternanza di argille marnose siltose grigie o grigio-verdi e areniti medio-fini in strati da centimetrici a decimetrici, passanti verso l'alto a peliti grigio-azzurre debolmente siltose.
- Peliti di Lurate Caccivio (LUI_b): argille marnose e marne argillose siltose grigio-azzurre o grigio chiaro, a stratificazione fine, con rare intercalazioni di strati arenitici sottili debolmente laminati. Si osserva la presenza diffusa di noduli limonitici e frustoli vegetali. Le Peliti di Lurate Caccivio affiorano estesamente nell'area compresa tra Villa Guardia, Lurate Caccivio.

DEPOSITI DI COPERTURA

La nomenclatura tradizionale dei depositi quaternari si basa sullo schema delle glaciazioni di Penck e Brückner, che prevedeva una suddivisione in quattro fasi glaciali principali (Gunz, Mindell, Riss e Wurm) e in altrettante fasi interglaciali. Il territorio in esame è stato

interessato dalle fasi Riss e Wurm.

Secondo tale nomenclatura, suddividendo i depositi in base alla loro genesi si hanno le seguenti tipologie.

I depositi morenici sono tipici per i loro caratteri distintivi: caoticità generale nella giacitura dei componenti il deposito, mancanza di un'azione selettiva, eterogeneità nelle dimensioni dei ciottoli. La litologia è rappresentata principalmente da elementi ghiaiosi e sabbiosi con abbondante matrice limoso-argillosa in cui sono frequentemente inglobati blocchi di cospicue dimensioni provenienti dall'arco alpino e prealpino.

Il *morenico Mindel*, non presente nel settore territoriale in esame, è rappresentato da un deposito costituito da limo inglobante materiali ciottolosi, sabbiosi e argillosi, ricoperti da un notevole strato di alterazione (spessore vari metri). Localmente e superiormente si rinvenivano sedimenti limosi fortemente pedogenizzati (loess). Formano morfologicamente i rilievi più esterni della cerchia morenica situata ai piedi delle Prealpi lombarde. Si tratta di forme fortemente modellate dall'erosione che ne ha notevolmente ridotto le altezze e le asperità tale da non rendere affioramenti riconoscibili.

Il *morenico Riss* rappresenta i depositi connessi con la penultima glaciazione che si differenziano dai terreni più antichi e più recenti per caratteri morfologici e costituzione litologica. Esso consiste in depositi glaciali caotici ghiaioso-sabbiosi con abbondante matrice argillosa in cui sono inglobati frequentemente blocchi di cospicue dimensioni (massi erratici) provenienti dall'arco alpino e prealpino. Lo strato di alterazione argilloso di colore giallo rossastro che li ricopre (visibile solamente se non hanno subito un'azione antropica) presenta uno spessore di circa 2-3 m ma con notevoli discontinuità di spessore e di granulometria; localmente sono ricoperti da depositi eolici (loess). La morfologia è collinare spesso con cordoni morenici.

Il *morenico wurm* è privo di alterazione e coperto da un suolo vegetale organico dello spessore dell'ordine di un metro. La morfologia del morenico Wurm è molto spiccata e dà luogo a cordoni morenici concentrici e ben definiti. L'arco morenico principale dell'anfiteatro del Lario meglio individuato è quello che si estende con quote medie più elevate tra Monte Croce, Capiamo Intimiano, Cantù, Vertemate, Fino Mornasco e Villaguardia. All'interno vi sono altri archi morenici minori che si appoggiano alla roccia del Monte Croce ad est e alla Roccia di Bardello, Breccia, Lucino, Villaguardia ad ovest.

I depositi fluvioglaciali derivano dall'azione di trasporto e d'accumulo ad opera delle acque di fusione dei ghiacciai nella loro fase di ritiro. Sono costituiti prevalentemente da ciottoli, ghiaie e sabbie con minore componente limoso-argillosa. Presentano caratteri simili al corrispondente morenico, soprattutto negli elementi limosi che costituiscono la sottile coltre superficiale d'alterazione. I clasti sono di natura carbonatica e cristallina e denotano con un

buon grado d'arrotondamento e sfericità a motivo dell'elevato trasporto subito ad opera delle acque di fusione. Si nota inoltre una tendenza alla stratificazione, che si accentua allontanandosi dalle cerchie moreniche. Anche il grado di selezione aumenta, mentre le dimensioni dei clasti tendono a diminuire man mano che si procede verso meridione.

Il *fluvioglaciale Mindel*, non presente nel settore territoriale in esame, è denominato anche "Ferretto". È stato generato dallo smantellamento, quasi contemporaneo alla deposizione, del materiale morenico mindeliano; le fiumane degli scaricatori glaciali deposero, dopo averlo eroso, gran parte del materiale costituente gli anfiteatri morenici. La sua tipica colorazione che varia dal rosso mattone al giallo rossastro è dovuta a fenomeni di alterazione fisico chimica dei depositi. Fino alla profondità di 5 metri è costituito in media da argille sabbiose nelle quali sono riconoscibili gli scheletri dei materiali originari, seguendo verso il basso sabbie e ghiaie sempre molto alterate vengono a trovarsi in matrice argillosa sabbiosa.

Il *fluvioglaciale Riss* si presenta costituito da ciottoli grossolani arrotondati con ghiaie in matrice sabbiosa giallo ocrea; sono comunque difficilmente distinguibili dai fluvio-glaciali mindeliani e sono soggetti ad alterazioni superficiali con caratteristiche analoghe a quelle del "Ferretto". Il ripiano rissiano, di morfologia pianeggiante con deboli ondulazioni e frequenti solchi pluviali, presenta un salto altimetrico evidente là dove le fiumane più recenti l'hanno modellato.

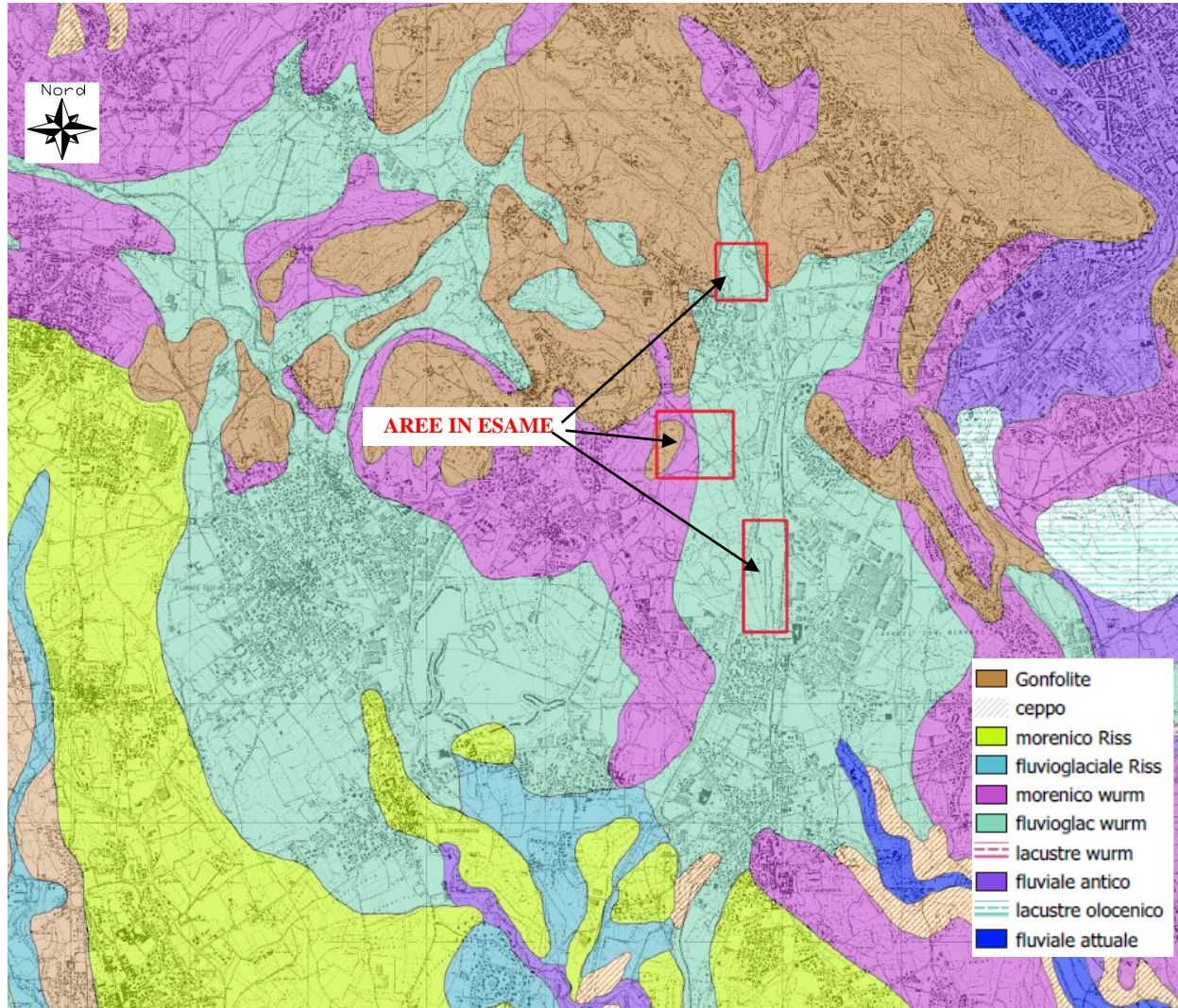
Il *fluvioglaciale wurm* non sono invece nettamente delineabili in quanto costituiscono il livello fondamentale della pianura e sfumano, spesso senza soluzione di continuità verso depositi più recenti.

Depositi lacustri tardoglaciali: sono generalmente costituiti da prevalentemente da limi sabbiosi e sabbie fini limose, talora debolmente ghiaiosi; in alcuni casi è possibile ritrovare una cospicua presenza di materiale argilloso e zone ricche di resti vegetali e con strutture sub-orizzontali. Sono ricollegati alla sedimentazione in antichi bacini lacustri inframorenici. La topografia di tali aree, contraddistinta da avvallamenti delimitati da zone debolmente elevate, tende a favorire processi di impaludamento e difficoltà allo scorrimento delle acque meteoriche.

I Depositi alluvionali attuali e recenti sono il risultato delle attività di trasporto e di deposito esercitate dai torrenti in un periodo di tempo che a partire dall'Olocene inferiore si è protratto sino ad oggi. Le alluvioni recenti costituiscono la piana d'inondazione e sono spesso colonizzate da vegetazione, mentre le alluvioni attuali sono poste a un livello più basso e costituiscono il letto di piena ordinaria del torrente. Sotto il profilo lito-granulometrico prevalgono ghiaie, sabbie e ciottoli con frequenti intercalazioni limo-argillose, scarsamente

cementate e con una struttura lenticolare caratterizzata dall'alternanza di materiali a granulometria eterogenea. Le maggiori estensioni si hanno presso tutto l'alveo del torrente Lura e Seveso.

Di seguito è riportato un estratto della carta geologica secondo le definizioni tradizionali.



Carta geologica generale – fuori scala

Attualmente questo “modello classico” è stato progressivamente abbandonato preferendo una classificazione che si basa sulle Unità Allostratigrafiche e sulle Unità a Limiti Inconformi (o UBSU). Si tratta di unità identificate sulla base delle discontinuità che le delimitano; essa comprende pertanto i sedimenti appartenenti a un determinato evento deposizionale.

Si descrivono di seguito i caratteri generali delle formazioni (dei depositi di copertura) presenti nel settore territoriale in esame.

Mandanti:

10

Supersintema di Besnate / Allogruppo di Besnate (Pleistocene medio-superiore) (BE)

Il supersintema di Besnate (corrispondente circa al wurm e al Riss nelle porzioni marginali della vecchia nomenclatura), è costituito da depositi glaciali e fluvioglaciali. Il profilo di alterazione non è molto evoluto con spessori di 3-4 metri; l'alterazione è variabile e interessa tra il 30% e il 50% dei clasti. Il colore della matrice è generalmente compreso tra 10YR e 7.5YR, localmente 2.5Y e 5Y. Coperture loessiche presenti.

Il supersintema di Besnate è stato suddiviso in quattro unità informali, distinte sulla base dei caratteri morfologici e sul diverso grado di alterazione dei depositi: *unità di Guanzate*, *unità di Cadorago*, *unità di Minoprio* e *unità di Bulgarograsso*. Quando mancano i presupposti per tale suddivisione è stata cartografata come indifferenziata.

Da un punto di vista litologico si ritrovano:

- Depositi fluvioglaciali. Ghiaie stratificate a supporto clastico o di matrice, con clasti poligenici di dimensione massima di 40 cm, in genere ben selezionati e arrotondati. Occasionalmente si presentano con gradazione diretta e inversa. La matrice è costituita da sabbie limose, raramente argillose; talvolta è costituita da ghiaie fini e sabbie grossolane. Sabbie grossolane pulite a laminazione piano-parallela. Limi in lamine piano-parallele alternati a sabbie in strati spessi 3 cm; limi con argilla e strati di sabbia.
- Depositi glaciali. Diamicton massivi a supporto di matrice. Clasti poligenici. La matrice è costituita da limi o sabbie limose, raramente debolmente argillose.

Esso interessa zona esterne all'area di studio.

Supersintema dei laghi - Sintema di Cantù (Pleistocene superiore) (LCN)

Corrisponde circa al wurm della vecchia nomenclatura. È caratterizzata da un profilo di alterazione poco evoluto, inferiore a 1,5 - 2 m di spessore. I depositi di questa unità non sono coperti da coltre loessica. I depositi del Sintema di Cantù appoggiano in discordanza, con superficie di erosione, sui depositi delle unità più antiche ed è anche in contatto, con superficie erosionale, con il substrato gonfolitico. Possono essere coperti dai depositi del Sintema del Po, oppure da depositi colluviali, o possono affiorare direttamente alla superficie topografica.

Da un punto di vista litologico, l'alloformazione è composta da:

- depositi fluvioglaciali: costituiti da ghiaie da medie a grossolane a supporto sia di matrice sabbiosa sia clastico, localmente debolmente cementate. I clasti sono poligenici, arrotondati, spesso isorientati ed embricati. Presenza di lenti costituite da sabbie limose da medie a grossolane, localmente con laminazione pianoparallela e incrociata e da limi sabbiosi.

- depositi glaciali: costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice sabbioso limosa talora abbondante e sovraconsolidata. I clasti sono eterometrici anche di notevoli dimensioni, da spigolosi a subarrotondati, alcuni striati o con forma “a ferro da stiro”.
- Depositi di contatto glaciale. Possono essere caratterizzati dall'associazione di diverse facies: fluvioglaciale, glaciolacustre, di versante e di colata.
- Depositi glaciolacustri. Limi spesso laminati, ma anche massivi, e sabbie per lo più massive. Sono frequenti i dropstones. Argille limose con all'interno piccoli clasti di varia natura. Limi argillosi, talora sabbiosi; sabbie fini limose laminate fittamente, talora massive e limi argillosi massivi, talvolta laminati.

Questa formazione è stata suddivisa in tre unità informali: *subsintema di Fino Mornasco* (LCN1), *subsintema di Cucciago* (LCN2), *subsintema della Cà Morta* (LCN3). Quando mancano i presupposti per tale suddivisione è stata cartografata come indifferenziata.

Il Sintema di Cantù è presente in maniera diffusa all'interno dell'area di studio, in particolare i depositi glaciali affiorano lungo la cerchia morenica di Villa Guardia-Luisago a ovest e di Casnate-Grandate ad est, mentre i depositi fluvioglaciali interessano le aree pianeggianti ai piedi dei rilievi di Montano Lucino, Villa Guardia e Grandate.

Unità postglaciale - Sintema del PO (Pleistocene Superiore – Olocene) (POI)

Il Sintema del Po comprende depositi fluviali e alluvionali e depositi lacustri, caratterizzati da un'alterazione poco evoluta con suoli poco sviluppati. Il colore della matrice è 10YR. La sua superficie limite superiore coincide con la superficie topografica, mentre la sua superficie limite inferiore è una superficie di erosione che pone l'unità a contatto con tutte le unità più antiche.

L'unità comprende i materiali che venivano cartografati come “alluvium recente” (depositi alluvionali attuali e recenti).

Da un punto di vista litologico, l'unità è composta da:

- Depositi fluviali. Ghiaie ben selezionate con ciottoli arrotondati ed embricati, a supporto di matrice, con alterazione assente; matrice di colore 10YR. Ghiaie fini con sabbie grossolane a supporto di clasti, ma con matrice abbondante. Clasti da subarrotondati a spigolosi, poligenici.
- depositi lacustri: costituiti da limo argilloso da massivo a grossolanamente laminato con rizocrezioni, a laminato; talora argille e torbe.

I depositi fluviali del Sintema del Po affiorano lungo la valle torrente Seveso e di alcuni affluenti principali (torrente Lusert), mentre i depositi lacustri sono presenti con una certa estensione in corrispondenza dell'area produttiva di Casnate con Bernate/Grandate sud, presso

l'area di intervento nord e in prossimità del Fontanile di Luisago a monte dell'attraversamento dell'Autostrada A9.

La carta geologica generale del settore territoriale è riportata nella tavola allegata a fine testo.

3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE

3.1 STRUTTURA IDROGEOLOGICA GENERALE

Il «Settore Collinare e di Alta Pianura» risulta caratterizzato dalla presenza di importanti successioni di depositi di copertura quaternari, con spessore che va aumentando dalla zona pedemontana verso Sud; questi depositi sono distribuiti in funzione della posizione delle principali dorsali del substrato roccioso in affioramento o prossime alla superficie; verso Sud, poi, assumono una distribuzione più omogenea nell'ambito della piana fluvioglaciale ed alluvionale. Tale contesto fisico condiziona la distribuzione degli acquiferi presenti nel sottosuolo; in genere essi risultano organizzati, nella zona pedemontana e nelle valli, in un'unica struttura mentre, in alta pianura, si hanno strutture più complesse, caratterizzate dalla presenza di più falde sovrapposte, che rappresentano la principale fonte di approvvigionamento idrico sia per gli usi idropotabili che produttivi.

L'area di studio è caratterizzata dalla presenza di importanti successioni di depositi di copertura quaternari, con spessore che va aumentando da Nord verso Sud.

Il sistema delle falde acquifere del comasco è ben delineato nella sua morfologia e funzionalità in cui si possono distinguere tre complessi acquiferi principali separati da livelli impermeabili continui ed estesi:

- “Primo Acquifero”;
- “Secondo Acquifero”;
- “Terzo Acquifero”.

Il “*Primo Acquifero*” (Fluvioglaciale Wurm Auct) è contenuto in depositi alluvionali e fluvioglaciali recenti (detriti, morene, alluvioni attuali dei corsi d'acqua) ed è generalmente connesso all'esistenza di paleoalvei dei principali corsi d'acqua superficiali.

Il “*Secondo Acquifero*” (Fluvioglaciale Riss-Mindel / Ceppo Autoctono) viene a trovarsi a maggiore profondità ed è costituito da depositi connessi con la penultima glaciazione (Riss), dai depositi “ferrettizzati” generati dallo smantellamento, quasi contemporaneo alla

deposizione, del materiale morenico mindeliano, e ai depositi riferibili al “Ceppo Lombardo”. Questi ultimi sono spesso contenuti all’interno dei solchi vallivi in corrispondenza degli alvei o paleoalvei dei corsi d’acqua, scavati nel Villafranchiano. Il secondo Acquifero poggia normalmente su di un substrato impermeabile o semi-impermeabile di limi e argille grigie, con locali e isolate lenti di ghiaie e sabbie. A quest’ultima unità litologica (Villafranchiano) viene dato il nome di “*terzo acquifero*” in ragione della sua profondità e della scarsa resa in termini di portata. È costituita da una unità limo- sabbio-argillosa che risulta spesso visibile in affioramento in corrispondenza delle incisioni profonde di natura fluviale.

Di seguito vengono riportate le principali litozone presenti nel sottosuolo dell’area in esame, dalla più profonda alla più superficiale:

- SUBSTRATO ROCCIOSO: rappresentato da conglomerati e arenarie riferibili alla Gruppo della Gonfolite lombarda. Questo litotipo è generalmente impermeabile e, nei settori più rilevati, rappresenta la soglia d’infiltrazione idrica del sottosuolo.
- LITOZONA ARGILLOSO-SABBIOSA: è costituita da depositi sabbiosi raramente ghiaiosi, mediamente permeabili, alternati a limi ed argille d’età villafranchiana, con permeabilità pressoché nulla. Si tratta di depositi marini deltizi o di piana costiera sedimentati all'interno dei solchi vallivi incisi nel substrato roccioso; lo spessore che li contraddistingue è quindi molto variabile, anche a causa della loro successiva reincisione ad opera degli scaricatori glaciali. Questa litozona corrisponde all'unità litostratigrafica denominata "Argille sotto il Ceppo" e poggia direttamente sul substrato gonfolitico. Data l'alternanza litologica, questi depositi, oltre che rappresentare il letto impermeabile che sostiene la falda superficiale, vanno a costituire un acquifero multistrato caratterizzato da una produttività idrica molto variabile.
- LITOZONA GHIAIOSO-SABBIOSA: questa litozona, costituita da un'alternanza di ghiaie e sabbie con rari livelli limosi, è riferibile ai depositi alluvionali d’origine fluvioglaciale che sovrastano l’unità villafranchiana nei settori pianeggianti. Le stratigrafie dei pozzi scavati nell’area hanno rivelato la presenza all’interno di questa litozona di orizzonti cementati, caratterizzati da spessore ed andamento molto variabile. Questi depositi rappresentano la sede della falda freatica dalla quale attingono la maggior parte dei pozzi presenti.
- LITOZONA LIMOSO-SABBIOSA: corrisponde ai depositi morenici ed è caratterizzata da certa eterogeneità litologica anche se principalmente risulta costituita da sabbie e limi inglobanti ciottoli e blocchi di dimensioni variabili. Non è rara la presenza di livelli più spiccatamente ghiaioso sabbiosi, così come quella di orizzonti argillosi. In generale, questa litozona presenta caratteristiche di scarsa permeabilità e non risulta quindi sede di risorse idriche di particolare interesse.

L'identificazione delle superfici di discontinuità stratigrafica, corrispondenti alle tappe fondamentali nell'evoluzione del bacino, ha consentito di individuare ed attribuire al Pleistocene quattro *unità stratigrafiche* denominate Unità A, Unità B, Unità C, Unità D.

Tale schematizzazione è stata descritta nello studio "Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia¹", pubblicato nel 2002 dalla Regione Lombardia in collaborazione con Eni-Divisione Agip e del relativo Aggiornamento geologico-stratigrafico (marzo 2005).

In tale studio viene proposto un modello geologico del sottosuolo della pianura a scala regionale, che individua quattro Gruppi Acquiferi sovrapposti (A, B, C e D), delimitati alla base dall'interfaccia acqua dolce/acqua salata, come di seguito riportato.

- Gruppo Acquifero A (Olocene, Pleistocene Superiore - Pleistocene Medio); praticamente corrispondente alla suddetta unità ghiaioso-sabbiosa, costituisce la porzione superiore del cosiddetto Acquifero Tradizionale. L'unità idrostratigrafica A è la prima presente a partire dal piano campagna nella media e bassa pianura e corrisponde alle zone dei fondovalle principali nella zona dell'alta pianura.
- Gruppo Acquifero B (Pleistocene Medio); all'incirca corrispondente all'insieme delle suddette unità sabbioso-ghiaiosa e a conglomerati e arenarie, costituisce la porzione inferiore del cosiddetto Acquifero Tradizionale. L'Unità idrostratigrafica B è il primo presente (dal piano campagna) nella zona dell'alta pianura e delle colline moreniche.
- Gruppo Acquifero C (Pleistocene Inferiore [Siciliano ed Emiliano]); corrispondente alla porzione superiore della suddetta unità sabbioso-argillosa;
- Gruppo Acquifero D (Pleistocene Inferiore [Santerniano]); corrispondente alla porzione inferiore (Santerniano) della suddetta unità sabbioso-argillosa.

Nell'area di studio sono riconoscibili i Gruppi Acquiferi A e B, cui si aggiunge una terza unità idrostratigrafica costituita dalla Gonfolite di Como che però, per caratteristiche litologiche e di permeabilità, costituisce un orizzonte praticamente impermeabile e di scarso interesse idrogeologico.

3.2 GRUPPI ACQUIFERI LOCALI

Il modello idrogeologico dell'area di studio è stato ricostruito, nella relazione geologica preliminare, integrando informazioni stratigrafiche e/o caratterizzazioni idrodinamiche relative ad opere di captazione pubbliche e private presenti all'interno dell'area di interesse,

¹ Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia , Regione Lombardia, Eni Divisione Agip, a cura di Cipriano Carcano e Andrea Piccin. S.EL.CA. (Firenze)

con i dati desunti dagli studi idrogeologici condotti da vari autori (Pedemontana Lombarda, Politecnico di Milano, Arpa Lombardia).

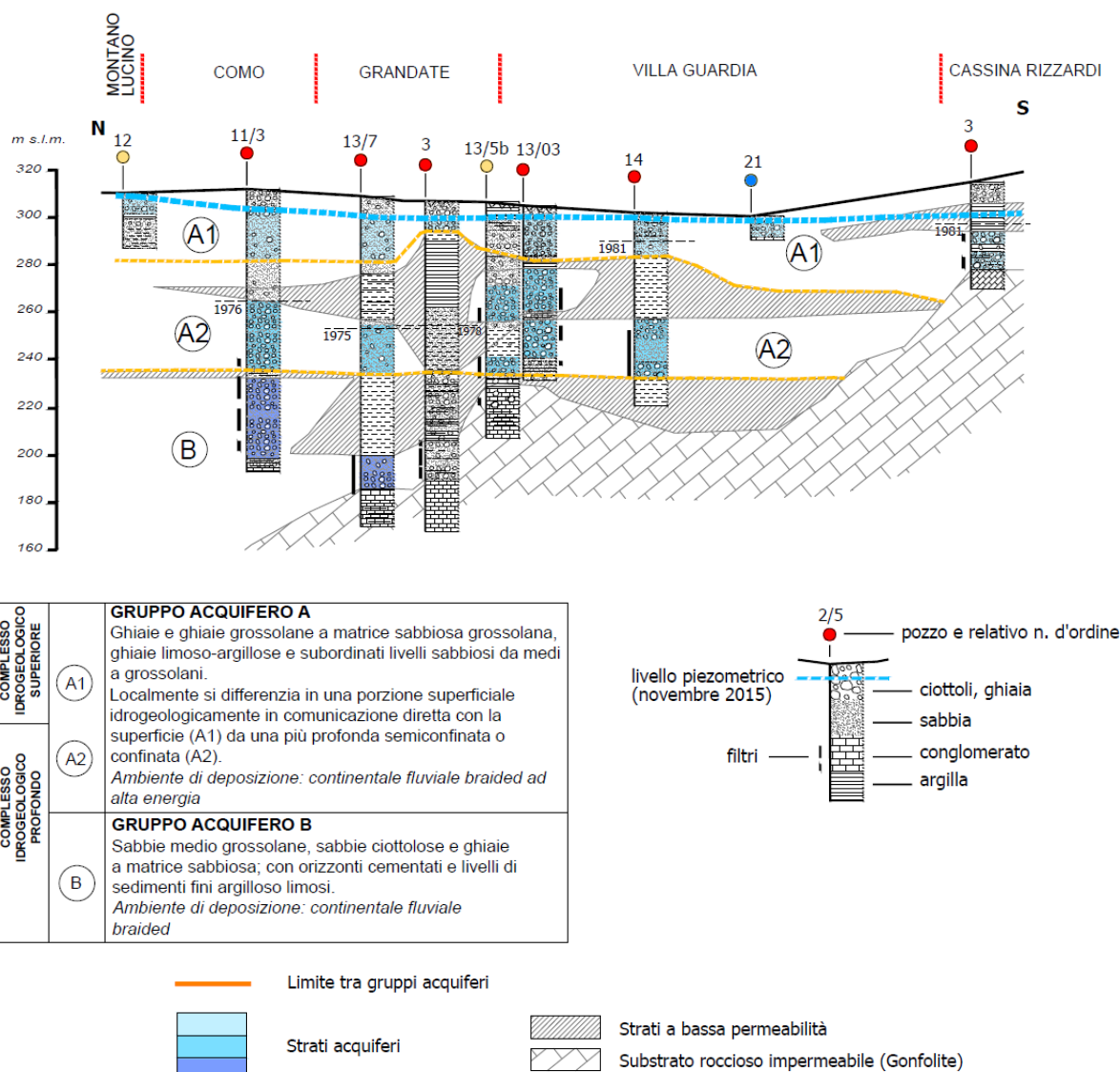
Si riporta di seguito quanto ivi descritto.

Le unità idrogeologiche si succedono, dalla più superficiale alla più profonda, secondo il seguente schema:

Gruppo acquifero A, costituita da depositi in facies glaciale e fluvioglaciale/fluviatile di tipo braided, caratterizzati da ghiaie eterometriche, sabbie e ciottoli a locale supporto di matrice limosoargillosa. In superficie si riscontrano localmente livelli di argille compatte con ghiaie (depositi glaciali sovraconsolidati) e depositi limoso argillosi (facies lacustri e glaciolacustri). Lo spessore dell'unità risulta estremamente variabile (da pochi metri a 60 – 80 m) in funzione dell'andamento della superficie del substrato roccioso. I massimi spessori di sedimenti ghiaiosi e sabbiosi si rinvencono in corrispondenza dei pozzi potabili di Grandate, in relazione alla presenza del paleoalveo del T. Seveso. Nel settore S, in corrispondenza delle aree di intervento 2 e 3, l'unità si differenzia localmente in un acquifero superficiale (unità A1 in sezione) contenuto nei depositi alluvionali olocenici (Sintema del Po) e fluvioglaciali recenti (Sintema di Cantù) di spessore variabile tra 15 e 25 m. ed in un acquifero profondo (Unità A2), captato diffusamente dai pozzi ad uso potabile. La separazione tra i due acquiferi è data dalla presenza di orizzonti limoso argillosi caratterizzati da una forte variabilità laterale di spessore (spessori variabili da 0 a 30-40 m). L'acquifero superficiale è sede di falda libera, mentre l'acquifero profondo è sede di falde da semiconfinata a localmente confinate. Tra i due acquiferi rimane comunque significativo, a livello di idrostruttura, l'interscambio idrico.

Gruppo acquifero B, è costituito da depositi in facies continentale fluviale braided, litologicamente caratterizzati da sabbie medio-grossolane, sabbie ciottolose e ghiaie a matrice sabbiosa da sciolte a parzialmente cementate e con intercalazioni di sedimenti fini limoso-argillosi, privi di continuità areale. L'unità è sede di un acquifero di tipo semiconfinato sfruttato da alcuni pozzi esistenti dell'ACSM di Como e di alcuni Acquedotti Comunali.

Substrato roccioso indifferenziato (Gonfolite Lombarda A.A.) in facies arenacea, conglomeratica e marnosa, a bassissima permeabilità primaria e bassa permeabilità secondaria (per fessurazione). Il tetto del substrato roccioso è caratterizzato da numerose culminazioni e depressioni dovute sia a fenomeni tettonici che di erosione glaciale e fluviale e condiziona fortemente la geometria dei corpi acquiferi soprastanti.



Nell'ambito della presente indagine preliminare sono state riconosciute le seguenti idrostrutture:

- Complesso Idrogeologico Superiore (contenuto nella porzione superiore del Gruppo Acquifero A), costituito da depositi alluvionali prevalentemente grossolani con locale presenza di livelli limoso argillosi, delimitato lateralmente dall'affioramento di depositi glaciali a bassa permeabilità e dall'affioramento del substrato Gonfolitico; questo corpo idrico è sede di un acquifero libero posto a profondità comprese tra pochi dm a 7-8 m;
- Complesso Idrogeologico Profondo (contenuto nella porzione profonda del Gruppo Acquifero A e nel Gruppo Acquifero B), costituito da alternanze di depositi fluviali e fluvioglaciali grossolani e depositi lacustri e glaciali a ridotta permeabilità. Questo corpo idrico è sede di un acquifero semiconfinato e localmente confinato che con interscambi significativi con l'acquifero superiore;

Mandanti:

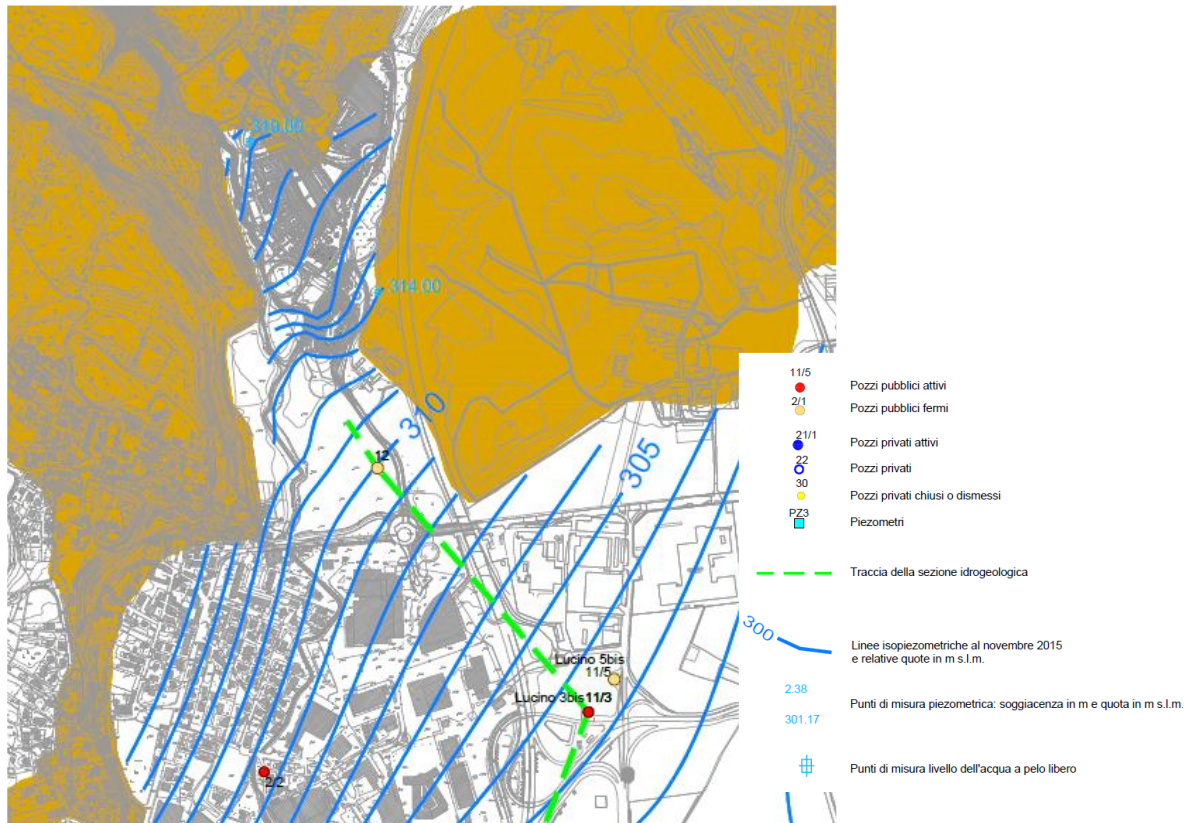
17

- Substrato Gonfolitico privo o con scarsa circolazione idrica.

3.3 CARATTERI PIEZOMETRICI LOCALI

Nella relazione geologica del progetto preliminare, basandosi su varie fonti bibliografiche, è stato ricostruito l'andamento della piezometria dell'acquifero superficiale, potenzialmente interferente con le opere in progetto.

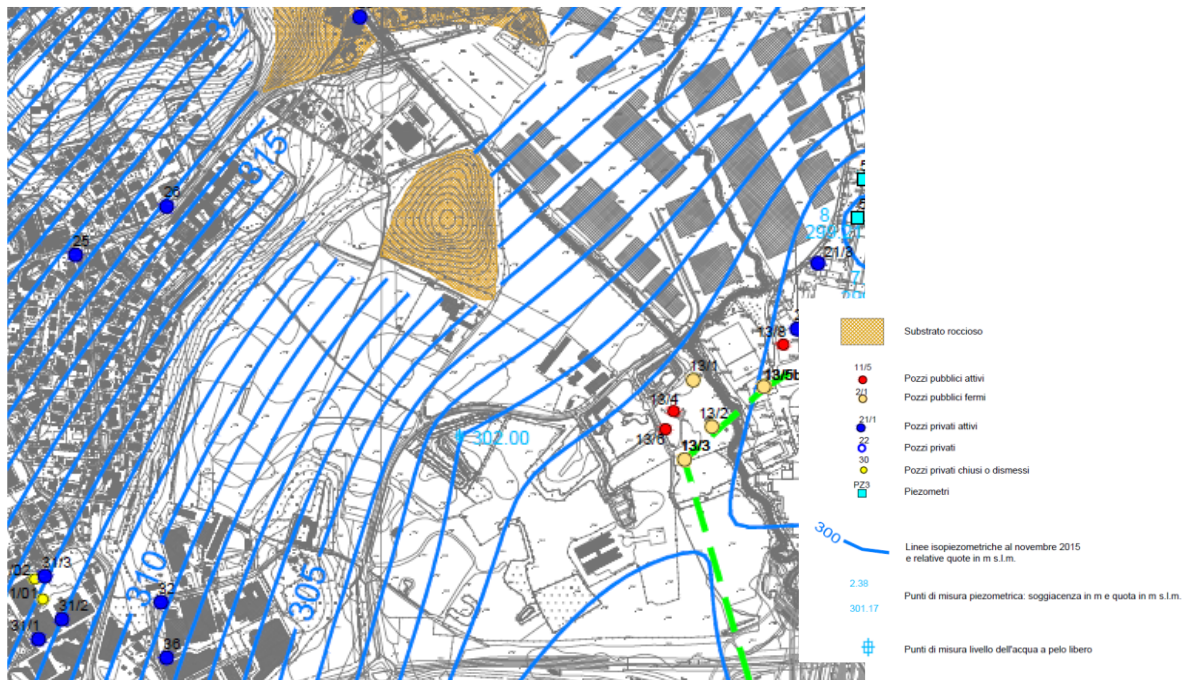
Si riportano di seguito stralci della ricostruzione suddetta.



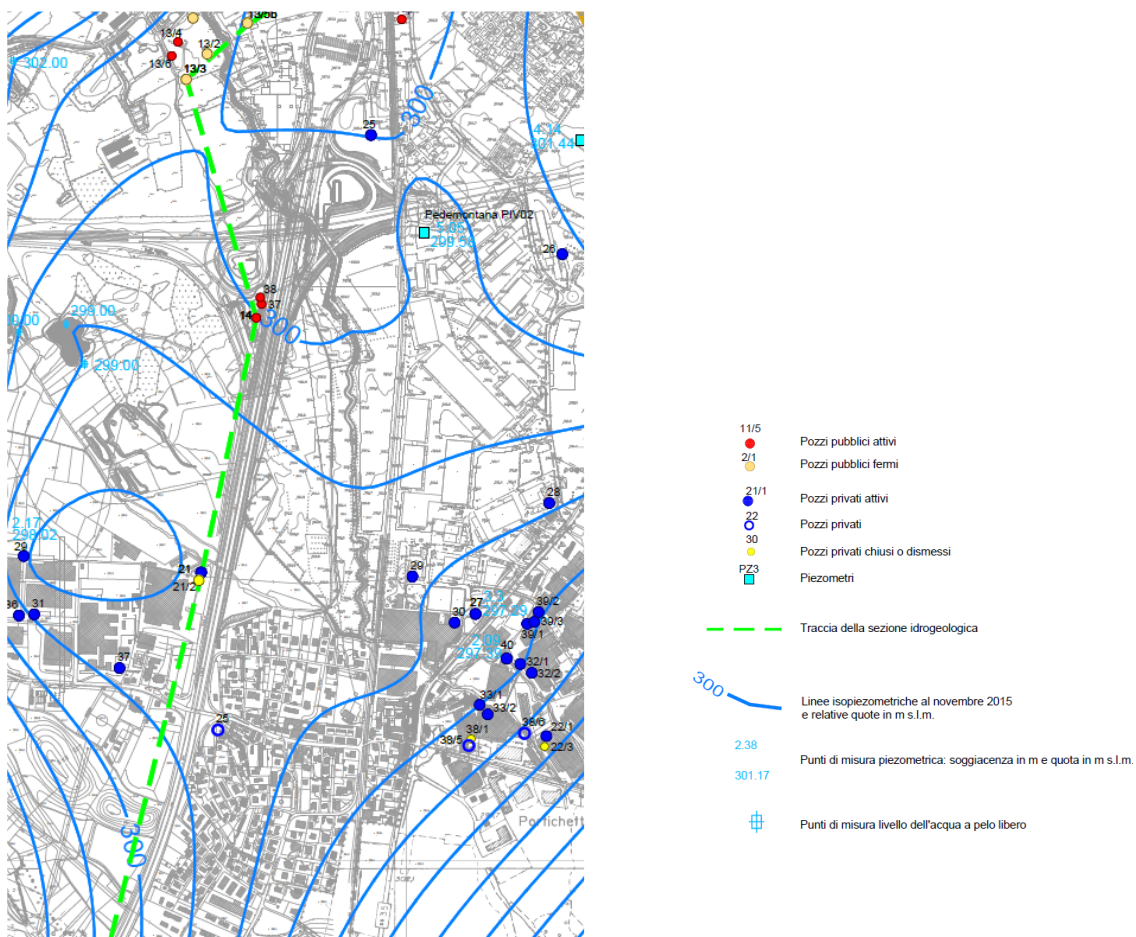
Zona nord

Mandanti:

18



Zona centro



Zona sud

Mandanti:

19

4. INDAGINI GEOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE E GEOGNOSTICHE

4.1 TIPOLOGIA INDAGINI CONDOTTE

Si elencano di seguito le tipologie di indagini effettuate.

Tali indagini sono state descritte nella apposita relazione sulle indagini redatta dalla Scrivente nel novembre 2011.

Si rimanda ad essa per maggiori dettagli e per i report delle indagini.

- ❖ Saggi esplorativi e rilievo stratigrafico
- ❖ Analisi di laboratorio terre
- ❖ Analisi chimiche
- ❖ Prove di permeabilità in sito
- ❖ Sondaggi a carotaggio continuo con contestuale esecuzione di prove SPT in foro e posa di tubo piezometrico
- ❖ Prove penetrometriche dinamiche standard (DPSH) e statiche (CPT)
- ❖ Indagini geofisiche: indagini sismiche tipo MASW e sondaggi indagini HVSR

4.2 ELENCO INDAGINI CONTOTTE

Sono state realizzate le indagini seguenti suddivise in due fasi di intervento:

- n. 37 saggi esplorativi: scavi e trincee
- n. 5 sondaggi geognostici
- n. 15 prove di permeabilità
- n. 13 prove penetrometriche
- n. 3 prospezioni sismiche MASW
- n. 5 misure di sismica passiva HVSR
- n. 22 campionamenti di terreno sottoposti ad analisi presso laboratorio terre
- n. 26 campionamenti di terreno sottoposti ad analisi presso laboratorio chimico

Le indagini sono state così suddivise.

Area Nord / “Tre Camini”

- 12 saggi esplorativi (8 scavi + 4 trincee)
- 7 campioni per laboratorio terre
- 8 campioni per analisi chimiche
- 5 prove permeabilità
- 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo
- 2 prove penetrometriche dinamiche (DPSH)
- 2 prove penetrometriche statiche (CPT)
- 1 prospezione sismica MASW
- 2 misure di sismica passiva HVSr

Area Centro / “Lusert”

- 7 saggi esplorativi (4 scavi + 3 trincee)
- 6 campioni per laboratorio terre
- 4 campioni per analisi chimiche
- 4 prove permeabilità
- 3 prove penetrometriche dinamiche (DPSH)
- 1 prospezione sismica MASW
- 1 misura di sismica passiva HVSr

Area Sud / “Madonna del Noce”

- 18 saggi esplorativi (10 scavi + 8 trincee)
- 9 campioni per laboratorio terre
- 14 campioni per analisi chimiche
- 6 prove permeabilità
- 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo
- 3 prove penetrometriche dinamiche (DPSH)
- 3 prove penetrometriche statiche (CPT)
- 1 prospezione sismica MASW
- 2 misure di sismica passiva HVSr

5. MODELLO GEOLOGICO

Le informazioni lito-stratigrafiche derivanti dalle indagini geognostiche condotte hanno consentito il raggiungimento di una definizione del quadro litologico e litostratigrafico del primo sottosuolo dell'area di indagine.

Nei relativi capitoli delle relazioni specifiche di ciascuna zona viene descritto quanto dedotto.

6. MODELLO SISMICO

Le informazioni derivanti dalle indagini geofisiche condotte hanno consentito il raggiungimento di una definizione del modello sismico dell'area di indagine.

Nei relativi capitoli delle relazioni specifiche di ciascuna zona viene descritto quanto ricostruito.

7. ASPETTI AMBIENTALI

Nei relativi capitoli delle relazioni di ciascuna zona viene sintetizzato il giudizio dei campioni analizzati con riferimento ai limiti normativi (Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) dell'Allegato 5 della Parte Quarta, del d.lgs. 152/06).

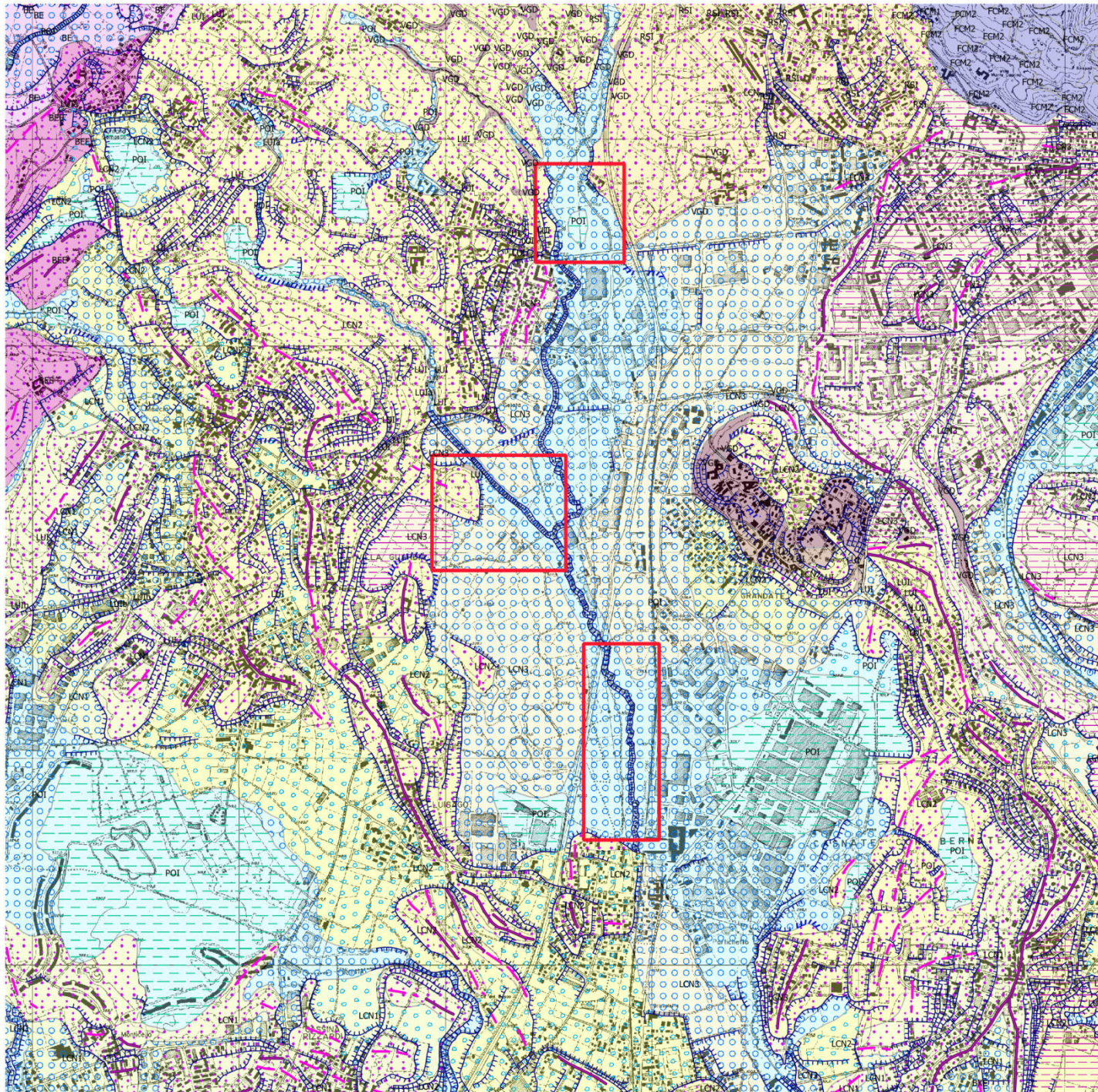
Villa Guardia, dicembre 2021

Dott. geologo
Frati Stefano



Mandanti:

22



UNITA'

- Sintema del Po (POI)
- Sintema di Cantù (LCN)
- Sunsintema della Cà Morta (LCN3)
- Subsintema di Cucciago (LCN2)
- Subsintema di Fino Mornasco (LCN1)
- Supersintema di Besnate (BE)
- Unità di Bulgarograsso (BXE)
- Unità di Cadorago (BEE)
- Conglomerato di Lucino (LUI)
- Peliti di Lurate Caccivio (LUIb)
- Peliti di Lucinasco (LUIa)
- Arenarie della Val Grande (VGD)
- Peliti di Prestino (RSI)
- Membro di Camerlata (FMC2)

FACIES DEI DEPOSITI QUATERNARI

- deposito alluvionale a ghiaie prevalenti
- deposito alluvionale s.s.
- deposito di contatto glaciale
- deposito lacustre
- till indifferenziato

- cresta di cordone morenico
- cresta di cordone morenico poco evidente
- terrazzo naturale e/o scarpata erosionale evidente
- terrazzo naturale e/o scarpata erosionale poco evidente

CARTA GEOLOGICA

scala 1:20.000