

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## DIREZIONE PROGETTAZIONE

CUP: J64H17000140001

## S.O. GEOLOGIA

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

## ELETTRIFICAZIONE DELLA LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO

## STUDIO GEOLOGICO

### RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

SCALA:

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA P.K. REV.

LC00 00 R 69 RG GE0001 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	F. Paolucci	Aprile 2023	M. Sciarra	Aprile 2023	M. Berlingieri	Aprile 2023	G. Benedetti Luglio 2023
B	Emissione esecutiva a seguito di suddivisione in Lotto 1 e Lotto 2	F. Paolucci <i>F. Paolucci</i>	Luglio 2023	M. Sciarra <i>M. Sciarra</i>	Luglio 2023	V. Manitta	Luglio 2023	
								ITALFERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Italiano Dot. Geol. Giampaolo Benedetti Ordine dei Geologi Emilia Romagna n. Elab. 1019

File: LC00-00-R-69-RG-GE0001-001-B

*Giampaolo Benedetti*

STUDIO GEOLOGICO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	2 di 166

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....</b>	<b>13</b>
4.1	ASSETTO STRUTTURALE .....	14
4.2	ASSETTO STRATIGRAFICO.....	19
<b>5</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....</b>	<b>46</b>
<b>6</b>	<b>IDROGRAFIA.....</b>	<b>53</b>
<b>7</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....</b>	<b>61</b>
7.1	VALUTAZIONE DEL CICLO IDROGEOLOGICO DELLA FALDA .....	72
7.2	VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI.....	75
<b>8</b>	<b>CARTOGRAFIA DEL RISCHIO E VINCOLI TERRITORIALI.....</b>	<b>77</b>
8.1	RISCHIO GEOMORFOLOGICO .....	77
8.2	RISCHIO IDRAULICO.....	85
8.3	FATTIBILITÀ GEOLOGICA .....	94
<b>9</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE.....</b>	<b>116</b>
9.1	INDAGINI BIBLIOGRAFICHE .....	116
9.2	CAMPAGNA INDAGINI ITALFERR 2022 .....	118
<b>10</b>	<b>MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>125</b>
<b>11</b>	<b>INQUADRAMENTO SISMICO.....</b>	<b>132</b>

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

3 di 166

11.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE .....	132
11.2	AREE SISMOGENETICHE DI INTERESSE .....	134
11.3	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO .....	138
11.3.1	<i>Generalità</i> .....	138
11.3.2	<i>Vita utile e classe d'uso</i> .....	139
11.3.3	<i>Stati limite e probabilità di superamento</i> .....	140
11.3.4	<i>Accelerazione di riferimento su suolo rigido <math>a_g</math></i> .....	141
11.3.5	<i>Risposta sismica locale</i> .....	148
11.4	ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO (DGR N. IX/2616).....	153
11.5	ANALISI DI PERICOLOSITÀ RISPETTO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE .....	157
<b>12</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>158</b>
<b>13</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>160</b>

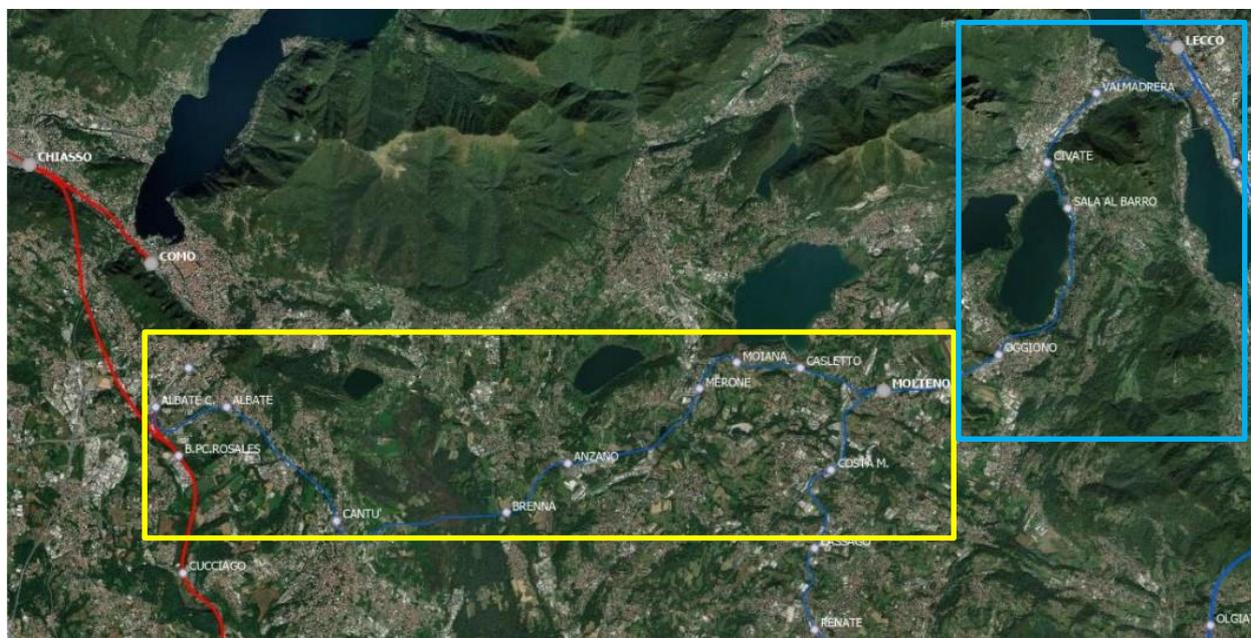
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  4 di 166

## 1 PREMESSA

Il progetto dell'Elettrificazione della Linea Albate (CO) – Molteno (LC) – Lecco si configura come un progetto di investimenti di RFI per migliorare le prestazioni della linea esistente in termini di miglioramento della regolarità della circolazione ferroviaria e di potenziamento tecnologico, che consentirà la circolazione dei treni con locomotori elettrici alimentati a 3kV cc, nonché in termini di sostenibilità ambientale per l'eliminazione, appunto, della circolazione di locomotori diesel attualmente in servizio sulla linea.

La linea esistente è a binario unico, senza elettrificazione ed è percorsa da Treni Regionali Trenord sulle relazioni Como-Molteno e Como-Lecco, dai Treni suburbani S7 tra Molteno e Lecco. L'esercizio della linea è con Dirigente Locale e la circolazione regolata con Blocco Conta Assi.

Il tratto tra Como San Giovanni e Albate Camerlata (5 km) risulta già elettrificato a 3 kV c.c. ed è a doppio binario; l'intervento di elettrificazione riguarda, dunque, il tratto tra Albate C. e Lecco, di estesa pari a 37 km a semplice binario (Figura 1.1).



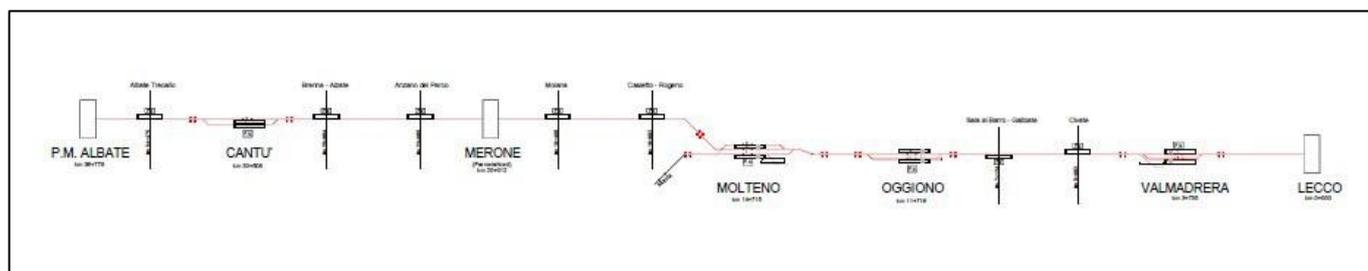
**Figura 1.1. - Inquadramento territoriale generale (stralcio non in scala da Google Earth). Nel riquadro giallo è evidenziato il Lotto 1 (Albate-Molteno) e nel riquadro azzurro il Lotto 2 (Molteno-Lecco).**

L'intervento è inserito nell'elenco degli interventi di cui all'Appendice 9 "Elenco opere inserite nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza - PNRR" del Contratto di Programma 2017 – 2021 parte Investimenti Aggiornamento

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p align="center"><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>LC00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 001</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>5 di 166</p>

2020/2021. Lo sviluppo del progetto è orientato ad implementare ogni soluzione tecnica e ottimizzazione del Programma Lavori per traguardare l'attivazione al 2026.

Il Piano di Committenza prevede che il progetto sia caratterizzato da una prima fase comprendente l'elettrificazione della linea da Albate Camerlata a Molteno – Lotto 1. Questa Fase 1 di progetto traguarderà l'attivazione al 2026 (PNNR) e sarà lo stato inerziale per il progetto della Fase 2, che vedrà l'elettrificazione della tratta da Molteno a Lecco – Lotto 2. Di seguito si riporta lo schema funzionale della linea con indicate le località di servizio: Cantù, Merone, Molteno, Oggiono, Valmadrera e Lecco.



La sagoma di riferimento per l'elettrificazione è PMO2 con inserimento dell'attrezzaggio della TE sia con la catenaria flessibile che con la catenaria rigida. Con il PMO2 l'altezza minima del Piano di Contatto sarà di 4.80m.

In particolare, però, in questa precisa fase progettuale che riguarda solo la tratta ferroviaria Albate (CO)-Molteno (LC), denominata Lotto 1 (Figura 1-1 riquadro giallo), si dovranno considerare solo i seguenti elaborati con le relative precisazioni:

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala	Note
LC0000R69SGGE0001001A	Relazione esiti indagini in situ (sondaggi)	-	Realizzati nel Marzo-Giugno 2022. Considerare solo i sondaggi da S1 a S22 (pag 36-284) e S30 e S31 (pag 335-374). Il sondaggio S3 non esiste poiché non è stato autorizzato.
LC0000R69IGGE0001001A	Relazione indagini geofisiche	-	Realizzate nell'Agosto 2022. Considerare solo le MASW da 1 a 12 (pag 7-91), le HVSR da 1 a 12 (pg 137-196) e la tomografia elettrica ERT1 (pag 229-230).
LC0000R69IGGE0001002A	Relazione indagini geofisiche		Realizzate nel marzo 2023. Considerare solo le prove down hole DH1 e DH2 (pag 17-31) e la prova sismica a rifrazione SR_DH3, SR_DH4 e SR_DH5 (pag 32-38).

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	6 di 166

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala	Note
LC0000R69PRGE0001001A	Report prove di laboratorio	-	Realizzate nel 2022. Considerare solo le prove eseguite sui sondaggi da S1 a S22 (pag 11-455) e S30 e S31 (pag 632-669). Il sondaggio S3 non esiste poiché non è stato autorizzato.
LC0000R69RHGE0005001A	Relazione indagini pregresse	-	Albate-Molteno (Lotto 1): da pag 7 a pag 17.
LC0001R69G4GE0005001A, 2A e 3A	Planimetria ubicazione indagini	1:10.000	
LC0001R69L5GE0001001A, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A	Profilo e Carta geologica con elementi di geomorfologia	1:500/1:5.000 1:5.000	
LC0001R69L5GE0001001A, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A	Profilo e Carta idrogeologica con elementi di geomorfologia	1:500/1:5.000 1:5.000	

La presente relazione geologica, come riportato nell'incipit, considera e analizza l'intero areale di Figura 1-1 al fine di fornire un quadro di insieme più completo.

Per l'intera tratta, Albate-Molteno-Lecco (Lotto 1 + Lotto 2), sono state realizzati n.30 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino alla profondità massima di 45 metri di profondità da piano campagna, con esecuzione di prove SPT, prove dilatometriche e prove di permeabilità Lefranc e Lugeon, n.21 indagini geofisiche MASW e n.23 HVSr per la definizione dei parametri dell'azione sismica di progetto, n.5 indagini tomografiche e n.2 down hole.

Inoltre, lo studio raccoglie e sintetizza informazioni attualmente disponibili derivanti dal Geoportale della Regione Lombardia e dall'Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo dell'ISPRA (Legge 464/1984), che comprendono 49 sondaggi geognostici pregressi.

In sintesi, nei paragrafi seguenti, verranno approfondite le seguenti tematiche:

1. inquadramento geografico.
2. Inquadramento generale dell'area di studio comprendente gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici.
3. Analisi delle criticità geologiche, geomorfologiche e idrauliche.
4. Descrizione delle indagini geognostiche pregresse.
5. Modello geologico di riferimento lungo il tracciato in progetto.
6. Inquadramento sismico dell'area, definizione dell'azione sismica e della magnitudo di riferimento.

A corredo della presente relazione è stata redatta la cartografia geologica e idrogeologica di riferimento in scala 1:5.000, con relativi profili elaborati sulla base delle informazioni stratigrafiche e idrogeologiche disponibili lungo la tratta.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	<b>COMMESSA</b>  LC00	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  R 69 RG	<b>DOCUMENTO</b>  GE 0001 001	<b>REV.</b>  B	<b>FOGLIO</b>  7 di 166

## 2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo.
- D.M. 11.03.1988: “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle opere di fondazione”. (DPR. 5 ottobre 2010, n. 207 artt. 52-53).
- O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche ed integrazioni.
- O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- D.M. 06/05/2008, integrazione al D.M. 14/01/2008.
- Circ. Min. II.TT. 02/02/2009, n. 617, “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14/01/2008”.
- Circ. Min. II.TT. 05/08/2009, “Nuove norme tecniche per le costruzioni approvate con decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008 - Cessazione del regime transitorio di cui all'articolo 20, comma 1, del decreto-legge 31 dicembre 2007, n. 248”.
- D.M. 17/01/2018, “Norme tecniche per le costruzioni”.
- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», G.U. n.42 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.8.
- Deliberazione di Giunta Regione Lombardia, e 7 novembre 2003 - n. 7/14964, Disposizioni preliminari per l’attuazione dell’Ordinanza Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica».
- Deliberazione di Giunta Regione Lombardia 30 novembre 2011 – n. IX/2616 “Aggiornamento dei ‘Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12’, approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374”, pubblicata sul BURL n. 50 Serie ordinaria del 15 dicembre 2012.
- Delibera della Giunta Regione Lombardia, dell'11 luglio 2014 n.2129 entrata in vigore il 10 aprile 2016.

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	8 di 166

- Deliberazione di Giunta Regione Lombardia 30 marzo 2016 - n. X/5001, Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della L.R. 33/2015).
- Deliberazione di Giunta Regione Lombardia 19 giugno 2017-n. X/6738 - Disposizioni concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza.
- RFI DTC SI GE SP IFS 001 D del 30/12/2022 "Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili – Parte II – Sezione 3 – Rilievi geologici ed indagini geognostiche".
- RFI DTC SI GE MA IFS 001 C del 30/12/2022 "Manuale di Progettazione delle Opere Civili – Parte II – Sezione 7 - Geologia".

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  9 di 166

### 3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La linea ferroviaria oggetto di elettrificazione si sviluppa nel settore centrale della regione Lombardia, tra la Provincia di Como e la Provincia di Lecco (Figura 3-1).

Il tracciato si sviluppa per circa 36 km, a partire dalla stazione di Albate, in un'area densamente urbanizzata dell'alta pianura lombarda in corrispondenza della base della zona pedemontana, interessando, da ovest verso est i comuni di Como, Casnate con Bernate, Senna Comasco, Capiago Intimiano, Cantù, Alzate Brianza, Brenna, Anzano del Parco, Monguzzo, Lurago d'Erba, Merone, Rogeno, Molteno, Sirone, Oggiono, Galbiate, Valmadrera, Malgrate e Lecco.

Le opere previste per il presente progetto coinvolgono porzioni di territorio afferenti a diversi comuni nelle province di Como e di Lecco (Figura 3-1). Di seguito si riporta un breve inquadramento geografico per ciascuno di essi.

#### Como

La città di Como è situata nel settore centro-meridionale della provincia di cui è capoluogo ed è inquadrata nelle sezioni B4a4, B4a5, B5a1 e B4b5 della Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia. Il territorio comunale si estende per 37,27 km<sup>2</sup> e si affaccia sul ramo sinistro dell'omonimo lago. Albate, più precisamente, è un quartiere collocato nella zona meridionale del comune, adagiato ai piedi del Monte Goi, il quale la separa dalla conca di Como. La linea ferroviaria si dirama dal centro storico con direzione circa sud in un'area densamente urbanizzata e giunge ad Albate per poi proseguire con direzione circa sud-est, attraversando dapprima, per solamente circa 400 m, il comune di Casnate con Bernate e successivamente il Colle di Trecallo, raggiungendo pendenze fino al 16 %.

#### Casnate con Bernate

Il comune di Casnate con Bernate è ubicato a sud della città di Como. Ha un'estensione di 5,22 km<sup>2</sup> e viene attraversato dalla linea ferroviaria solo per un breve tratto a Nord del territorio comunale.

#### Senna Comasco

Il comune di Senna Comasco è localizzato nella porzione meridionale della provincia di Como, occupa una superficie di 2,79 km<sup>2</sup> ed è attraversato in direzione NO-SE dalla linea ferroviaria di interesse per circa 700 m. Il piccolo territorio comunale risulta circa-pianeggiante e la quota topografica varia fra i 260 m s.l.m. della zona meridionale ai 200 m s.l.m. di quella settentrionale, fatta eccezione per la zona a confine con Capiago Intimiano di carattere collinare (quote fino i 400 s.l.m.).

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  10 di 166

### Capiago Intimiano

Capiago Intimiano è un comune collinare di circa 8,72 km<sup>2</sup>. La ferrovia attraversa la zona sud-occidentale del territorio attraversando il colle Monte Castello mediante l'omonima galleria, proseguendo verso Cantù.

### Cantù

Il comune di Cantù, localizzato nella porzione meridionale della provincia di Como, ha una superficie di circa 23,18 km<sup>2</sup> ed è posto in un'area circa-pianeggiante e circondato dai rilievi morenici. La linea ferroviaria interessa l'area settentrionale del territorio, proseguendo, dopo la galleria del Colle Montressone, verso est.

### Alzate Brianza

Alzate Brianza è posto ad una quota media di circa 350 s.l.m. ed è caratterizzato da una morfologia molto irregolare. Ha un'estensione di 7,58 km<sup>2</sup>. La ferrovia attraversa in quest'area una zona collinare, distinguendo due tratti di galleria al di sotto del Colle del Terreno e Colle di Fabbrica, raggiungendo pendenze fino al 16 %. Dopo la prima galleria viene interessato per circa 700 m anche il territorio comunale di Brenna.

### Brenna

Brenna, con un'estensione di 4,83 km<sup>2</sup>, si trova tra i comuni di Cantù e Alzate Brianza. Viene attraversato dalla linea ferroviaria solo per un breve tratto nella zona settentrionale del territorio comunale, tra le gallerie del Colle del Terreno e quella del Colle di Fabbrica, con una direzione media della linea E-W.

### Anzano del Parco

Subito dopo la galleria del Colle di Fabbrica, la linea attraversa il comune di Anzano del Parco (estensione di 3,25 km<sup>2</sup>), confinante a Ovest con Alzate Brianza e a Est con Monguzzo, con una direzione media E-W.

### Monguzzo

Confinante a Ovest con Anzano del Parco e a Est con Merone, il comune di Monguzzo, con un'estensione di 3,72 km<sup>2</sup>, viene attraversato dalla linea ferroviaria in due tratti distinti: uno a Sud e l'altro a Sud-Est del comune, dove costeggia il lago "Terzo lago", con una direzione media del tracciato NE-SW.

### Lurago d'Erba

Il comune di Lurago d'Erba viene attraversato dalla linea solo per un breve tratto a Nord del territorio comunale, tra i due tratti ferroviari di Monguzzo. Ha un'estensione di 4,7 km<sup>2</sup>.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  11 di 166

### Merone

A Merone, con estensione di 3,28 km<sup>2</sup> e situato tra Monguzzo e Rogeno, la linea ferroviaria si addentra all'interno del centro urbano con una direzione del tracciato dapprima NE-SW, e poi E-W.

### Rogeno

Il comune di Rogeno (estensione di 4,82 km<sup>2</sup>) è situato tra Merone e Molteno. Qui la linea attraversa il territorio comunale con una direzione media del tracciato E-W.

### Molteno

La linea prosegue poi a Molteno (3,12 km<sup>2</sup>), tra Rogeno e Sirone, con una direzione sempre E-W.

### Sirone

Sirone (3,21 km<sup>2</sup> di estensione), ubicato tra Molteno e Oggiono, viene attraversato dalla linea ferroviaria sono per un breve tratto a Nord-Ovest del territorio comunale. Qui la linea cambia direzione proseguendo verso N-E.

### Oggiono

A Oggiono (estensione di 7,96 km<sup>2</sup>), tra Sirone e Galbiate, la linea costeggia dapprima il centro urbano per poi correre lungo la sponda Ovest del Lago di Annone, da cui assume una direzione circa N-S.

### Galbiate

Il comune di Galbiate, ubicato tra Oggiono e Valmadrera, con un'estensione di 15,64 km<sup>2</sup>, viene attraversato dalla linea ferroviaria in due tratti: a Ovest del suo territorio in cui prosegue il suo percorso lungo il Lago di Annone, sempre in direzione circa N-S, e a Nord-Est dove percorre un breve tratto prima di entrare nel comune di Lecco, attraversando l'omonimo lago. Giunti a Nord del lago, la linea imbocca la galleria S. Lazzaro e incomincia ad aggirare il Monte Barro (922 m).

### Valmadrera

A Valmadrera (estensione di 12,60 km<sup>2</sup>), situato tra Galbiate e Malgrate, la linea ferroviaria attraversa il territorio comunale a S-E, correndo tra il centro urbano del comune e il Monte Barro in direzione NE-SW.

### Malgrate

Giunti a Malgrate, tra Valmadrera e Lecco, con un'estensione di 1,90 km<sup>2</sup>, la linea assume una direzione circa E-W percorrendo uno stretto corridoio tra il Lago di Lecco a Nord e il Monte Barro a Sud.

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

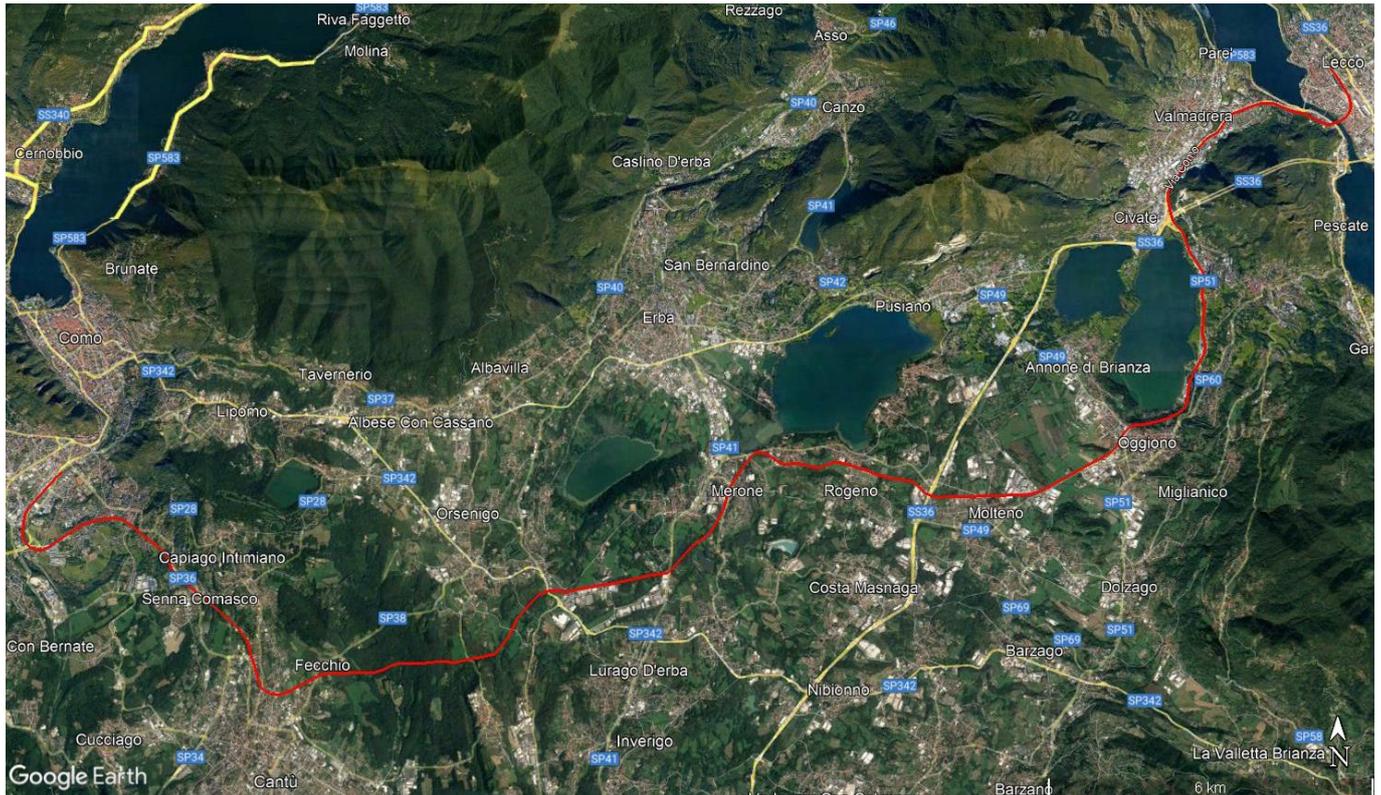
GE 0001 001

B

12 di 166

## Lecco

A Lecco (superficie di 45,93 km<sup>2</sup>), la linea entra all'interno del centro abitato, densamente urbanizzato, fino a raggiungere la stazione.



**Figura 3-1 – Inquadramento generale dell'area attraversata dal tracciato ferroviario (in rosso) oggetto di elettrificazione (stralcio non in scala da Google Earth).**

STUDIO GEOLOGICO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	13 di 166

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

#### 4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio dell'area oggetto di questo studio è suddivisibile in due settori distinti dal punto di vista geologico e geomorfologico: La zona pedecollinare e la pianura e la zona collinare delle Prealpi Lombarde. La fascia pedecollinare e la pianura sono costituite da ampie falde di depositi neogenici-quadernari originati dallo smantellamento sin-orogenetico e post-orogenetico delle rocce del substrato roccioso. La zona dei colli appartiene alla porzione più meridionale delle Prealpi Lombarde ed è formata da rocce di età cretacea, fagliate e piegate. La maggior parte del tracciato ferroviario ricade al di sopra dei depositi morenici caratteristici di quest'area e solamente nei chilometri finali interseca formazioni cretatiche affioranti.

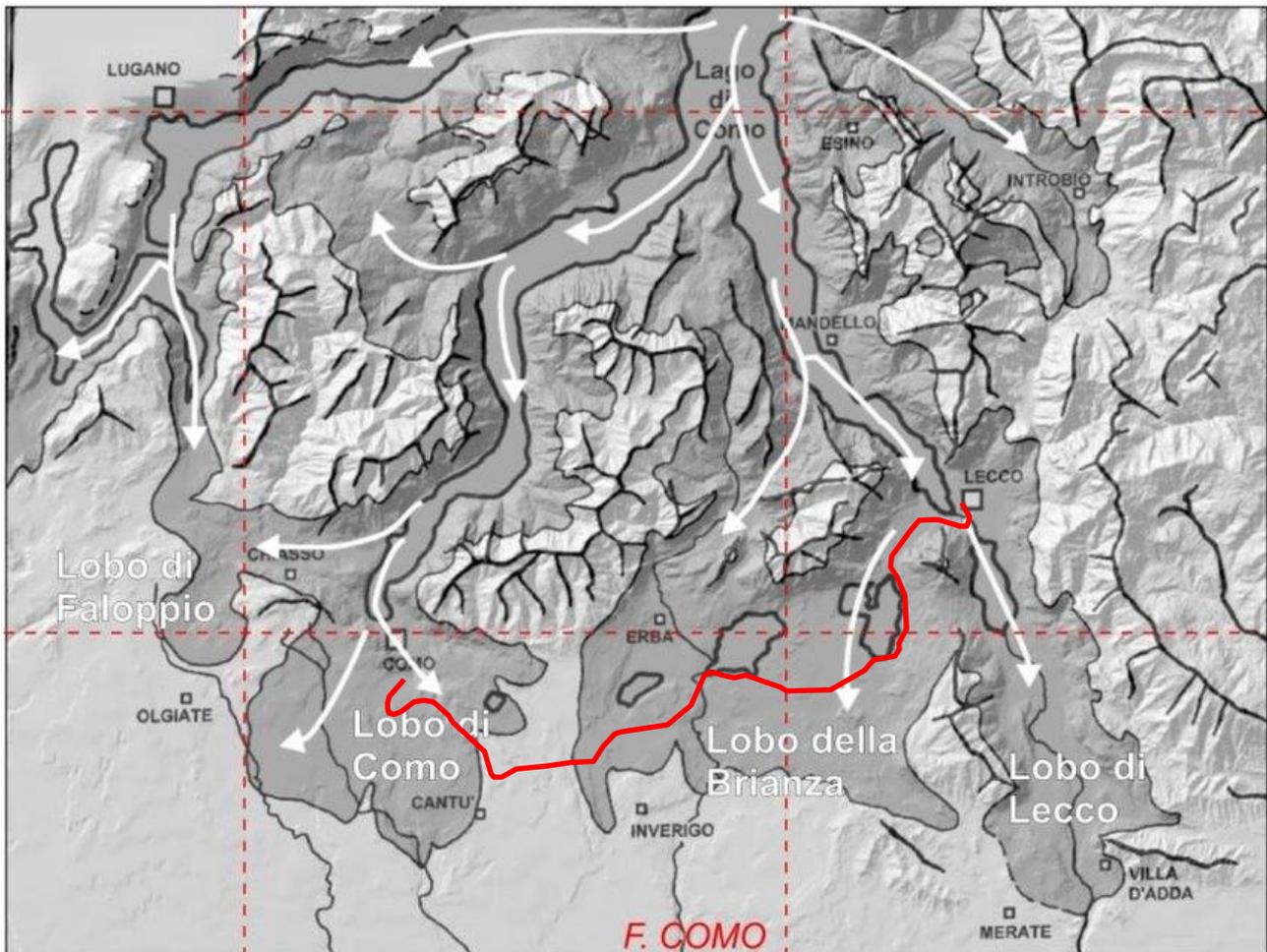


Figura 4-1 - LGM-Ghiacciaio dell'Adda (in rosso i limiti del Fogli Geologici). In rosso la linea di progetto.

Le aree di studio comprendono gran parte dell'Anfiteatro morenico del Lario, edificato, durante le glaciazioni plioquadernarie, dal grande ghiacciaio dell'Adda. A ogni glaciazione il ghiacciaio aveva estensione differente, anche se, nelle linee generali, il suo andamento era sempre il medesimo.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  14 di 166

Durante l'ultima glaciazione non esisteva sulle Alpi un'unica calotta glaciale ma grandi ghiacciai vallivi (*Bini et alii*) (Figura 4-1); uno di questi era il ghiacciaio dell'Adda proveniente dall'alta Valtellina e formato dalla coalescenza di più ghiacciai, i principali dei quali erano il ghiacciaio del Bernina, proveniente dalla Valle di Poschiavo, il ghiacciaio dell'Oglio, proveniente dall'Aprica, il ghiacciaio Bregaglia, proveniente dalla Val Bregaglia ed Engadina e il ghiacciaio della Val San Giacomo. Il grande ghiacciaio appena descritto scendeva lungo la valle del Lago di Como e nella zona di centro lago si dividevano in più lingue; una lingua percorreva la Valsassina, una lingua percorreva la Val Menaggio verso il Lago di Lugano, dove entrava in coalescenza con il ghiacciaio del Ticino, una lingua percorreva il ramo di Como del lago e una il ramo di Lecco. Queste ultime due lingue formavano, in area pedemontana, un grande anfiteatro che durante alcune glaciazioni antiche (Glaciazione Bozzente) era unico, mentre durante le glaciazioni più recenti era diviso a formare quattro lobi, denominati da W verso E Lobo del Faloppio, Lobo di Como, Lobo della Brianza e Lobo di Lecco.

L'area di interesse comprende gran parte dei lobi di Como e della Brianza e il Lobo di Lecco, dove dalle morene terminali dei lobi dell'anfiteatro si dipartono grandi piane fluvioglaciali, che contraddistinguono la parte meridionale dell'area studiata.

A corredo del presente studio è stata elaborata la cartografia geologica in scala 1: 5.000 dell'area di progetto e, con le indagini realizzate a supporto della progettazione, il profilo geologico lungo tutta la linea ferroviaria di progetto con le indagini realizzate a supporto della progettazione (elaborati LC0000R69L5GE0001001-9).

#### 4.1 ASSETTO STRUTTURALE

L'assetto strutturale dell'area di studio è il prodotto del raccorciamento avvenuto in questo settore delle Alpi Meridionali durante la fase compressiva neoalpina (*sensu Triimpy, 1973*). La deformazione che ne è derivata si è esplicata nel campo fragile tra l'Oligocene ed il Messiniano, determinando un sistema di piegamenti, faglie prevalentemente inverse e sovrascorrimenti. Le estese coperture quaternarie hanno ridotto gli affioramenti del substrato a lembi generalmente limitati, impedendo l'osservazione diretta di strutture a scala del Foglio, e limitando l'osservazione delle mesostrutture ai pochi affioramenti disponibili.

Sulla base di queste premesse è possibile suddividere il contesto areale in due settori tettonici caratterizzati da un'opposta vergenza delle strutture principali, come osservabile in Figura 4-2.

Il "Settore dei sovrascorrimenti S-vergenti" occupa il quadrante orientale e può essere suddiviso in 4 porzioni, descritte di seguito in successione da NE verso SW.

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

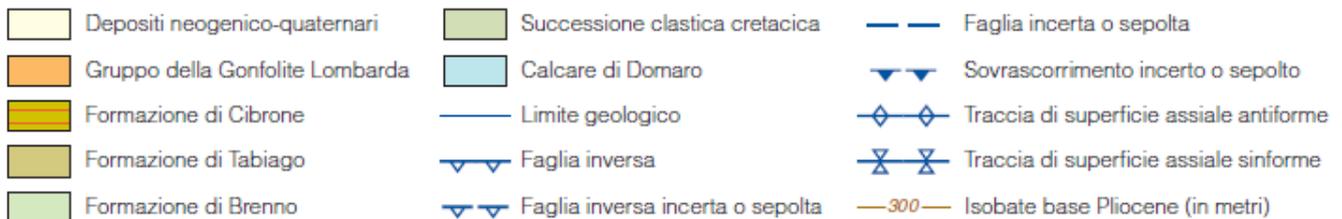
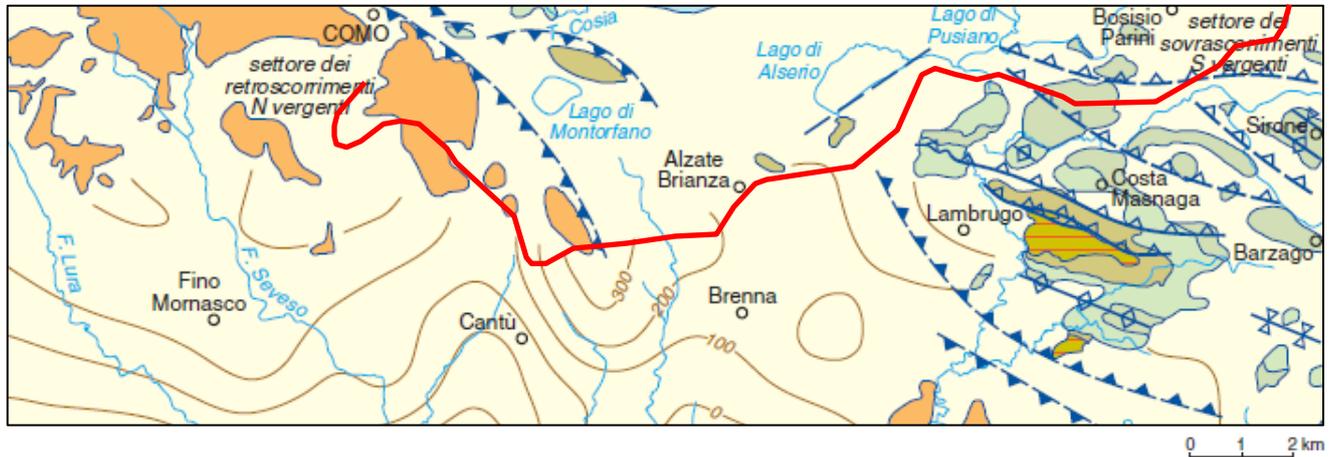
00

R 69 RG

GE 0001 001

B

15 di 166



**Figura 4-2 - Stralcio dello schema strutturale della base del Pliocene riportato nel Foglio 96 Seregno, Carta Geologica d'Italia. In rosso la linea di progetto.**

- 1) Sciami delle pieghe settentrionali: queste interessano le unità della successione clastica cretacea affiorante tra Bosisio Parini e Sirone; si tratta di pieghe aperte o blande, con piani assiali generalmente verticali o subverticali con immersione verso NNE.
- 2) Fascia con giacitura regionale verticalizzata: a SW dello sciame precedente si osserva una fascia larga circa 1-1.5 km, allungata in direzione NNW-SSE tra Barzago e Costa Masnaga, caratterizzata da giaciture da subverticali a verticali, in taluni casi rovesce (Figura 4-2). Tali giaciture interessano soprattutto il Flysch di Bergamo. Nell'ambito di questa fascia si osservano pieghe decametriche asimmetriche a "esse" con fianco lungo immergente verso NNE con inclinazione modesta, e fianco corto immergente più ripidamente a SSW o rovescio.
- 3) Sciami delle pieghe meridionali: queste pieghe, poste a SW del settore precedente, interessano soprattutto le formazioni di Brenno, Tabiago e Cibrone. Caratterizzate da un'immersione dei piani assiali verso NNE. In particolare, la distribuzione delle unità cretatiche e paleogeniche mette in evidenza un'ampia anticlinale con vergenza verso SSW.
- 4) Monoclinale briantea: a SW del settore precedente, si osserva una monoclinale che interessa esclusivamente la successione miocenica della Gonfolite briantea.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  16 di 166

Sulla base degli studi compiuti nell'area bergamasca da Bersezio *et alii* (2001) e Fantoni *et alii* (2004) è possibile attribuire lo sciame delle pieghe settentrionali, la fascia a giaciture verticali e lo sciame delle pieghe meridionali alle “strutture del margine sudalpino”.

Il secondo settore tettonico (“Settore dei retroscorrimenti N-vergenti” in Figura 4-2), osservabile nel quadrante occidentale e strutturalmente collocato a Ovest del precedente, è caratterizzato principalmente dal Retroscorrimento del M.Olimpino, che interessa le unità oligo-mioceniche della Gonfolite Lombarda (Bernoulli *et alii*, 1989; Gelati *et alii*, 1991; Bersezio *et alii*, 1993). Tale retroscorrimento, sostenuto da un piano di scollamento basale collocabile nella formazione di Chiasso o nel sottostante gruppo delle marne di Gallare, dà origine a una monoclinale con immersione verso SO, con inclinazioni medie progressivamente minori dalle unità più antiche a quelle più recenti (in media 45° nel conglomerato di Como, 40° nelle peliti di Prestino, 25° nelle arenarie della Val Grande e 10° nei conglomerati di Lucino). Tale variazione delle inclinazioni, cui sono associate leggere discordanze angolari tra le varie unità della Gonfolite di Como, è interpretata come il risultato di una tettonica sin-sedimentaria prodotta dalla progressiva propagazione dei sovrascorrimenti alpini verso S durante la deposizione della Gonfolite Lombarda (Gelati *et alii*, 1991).

L'assetto strutturale del Foglio Seregno è stato indagato anche mediante l'ausilio di linee sismiche, rese cortesemente disponibili da ENI. Nel sottosuolo, il settore dei sovrascorrimenti S-vergenti è caratterizzato da blocchi che coinvolgono la successione carbonatica mesozoica, separati da importanti faglie inverse con piani immergenti verso N. La successione clastica cretacea è parzialmente o totalmente scollata dal substrato carbonatico all'altezza della marna di Bruntino (affiorante nei limitrofi Fogli 075-Como e 076-Lecco) o delle unità appartenenti alla Scaglia Lombarda (formazioni di Brenno e Tabiago), costituendo una sorta di sovrastruttura con stile deformativo indipendente. Come già osservato da Gaetani & Gianotti (1981) per la Flessura Pedemontana e da Bersezio *et alii* (2001) e da Fantoni *et alii* (2004) per le “strutture del margine sudalpino”, la dislocazione in senso N-S legata alla strutturazione degli embrici mesozoici è notevole e si aggira intorno a 1-2 km per blocco, per un rigetto complessivo valutabile intorno ai 7 km tra l'anticlinale dell'Albenza e il sottosuolo di Milano.

Diversamente, il settore di NO si presenta nel sottosuolo come una blanda sinclinale (Sinclinale Pedalpina in Bersezio *et alii*, 2001) con lunghezza d'onda di circa 40-50 km, impostata nella successione clastica oligo-miocenica. Questa struttura, scollata dai sottostanti carbonati mesozoici al livello della formazione di Chiasso o del sottostante gruppo delle marne di Gallare, è definita dalla strutturazione di un sovrascorrimento frontale sepolto (Milano belt in Laubscher, 1988) e dal Retroscorrimento del M. Olimpino, che rappresenta l'unica e parziale evidenza affiorante della Sinclinale Pedalpina.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  17 di 166

Tra i due settori tettonici a opposta vergenza s'interpone un'area caratterizzata dalla quasi totale assenza di affioramenti di substrato, che non permette di risolvere direttamente le relazioni tra le due aree e i relativi stili tettonici. L'interpretazione integrata dei dati di superficie e sottosuolo sembra suggerire una chiusura in rampa laterale delle strutture coinvolte nel settore centrale del Foglio 096-Seregno, probabilmente in corrispondenza di un alto strutturale allungato in direzione NNE-SSO.

Proseguendo verso Lecco, si identifica un "distretto strutturale" attribuibile alla Flessura frontale. Tale è una fascia a prevalente deformazione plicativa che si esplica in un'ampia associazione anticlinale-sinclinale a direzione prevalente ESE-ONO, con cerniere sovente serrate e/o fianchi rovesciati, che coinvolge la successione giurassica e cretacea. Le pieghe sono dislocate da un sistema di faglie trascorrenti a decorso meridiano, vedi Figura seguente.

La naturale disarticolazione della successione permo-mesozoica sudalpina nelle restanti unità si deve alla presenza nella successione stessa di orizzonti di debolezza, localizzati principalmente al passaggio Triassico inferiore-medio (carniola di Bovegno) e nel Carnico superiore (formazione di San Giovanni Bianco), in corrispondenza di unità contenenti volumi nemmeno troppo cospicui di evaporiti. A questi livelli di scollamento, lungo i quali si impostano i flat strutturali, si alternano porzioni competenti della successione, con spessori prossimi ai 1000 m, caratterizzati dalla prevalenza di calcari e dolomie massicce di piattaforma carbonatica (calcare di Esino, Dolomia Principale); all'interno dei "piastroni" rigidi, le ramp strutturali tendono a localizzarsi in corrispondenza di eteropie di facies e transizioni piattaforma-bacino (Gaetani & Jadoul, 1987). Ancor prima dell'Orogenesi Alpina, questi lineamenti ancestrali controllarono in alcuni casi la distribuzione delle faglie listriche del Giurassico inferiore che si attivarono in concomitanza con il rifting della Tetide Alpina. Ulteriori livelli di scollamento vanno cercati in una fascia milonitica interna al Basamento metamorfico, che avrebbe consentito lo scollamento del nucleo dell'Anticlinale Orobica dal suo substrato, e nelle argilliti al passaggio Norico-Retico (Argillite di Riva di Solto). Queste ultime controllano i flat strutturali al tetto delle unità alloctone noriche e tendono a posizionarsi al contatto tra il "Parautoctono" e i soprastanti klippe anisico-carnici.

Nell'area di studio, la geometria di questo distretto strutturale si può ricondurre a un grande sinclinorio a direzione E-O. Caratteri distintivi sono il frequente rovesciamento del fianco Nord, che a Sud di Lecco coinvolge una successione stratigrafica estesa dal Calcare di Zu al flysch di Pontida, e l'ampiezza chilometrica dell'involgimento delle pieghe, che pure localmente si presenta piuttosto serrato. L'entità del rovesciamento va riducendosi verso Ovest, dove il fianco Nord si presenta subverticale (sella di Galbiate) o addirittura diritto (sponda Nord del Lago di Annone), seppure con ripida immersione verso Sud. A Est della Linea del Faggio i confini tra "Parautoctono" e Flessura Frontale si fanno del tutto convenzionali, laddove il fianco S, rovescio, dell'Anticlinale dell'Albenza passa verso N

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

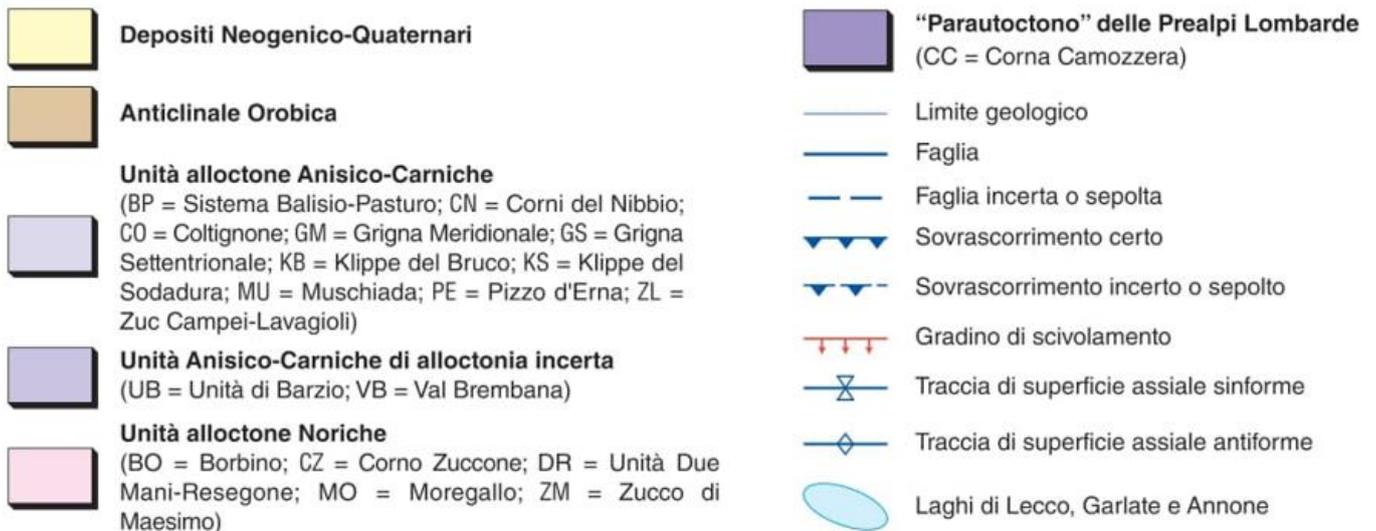
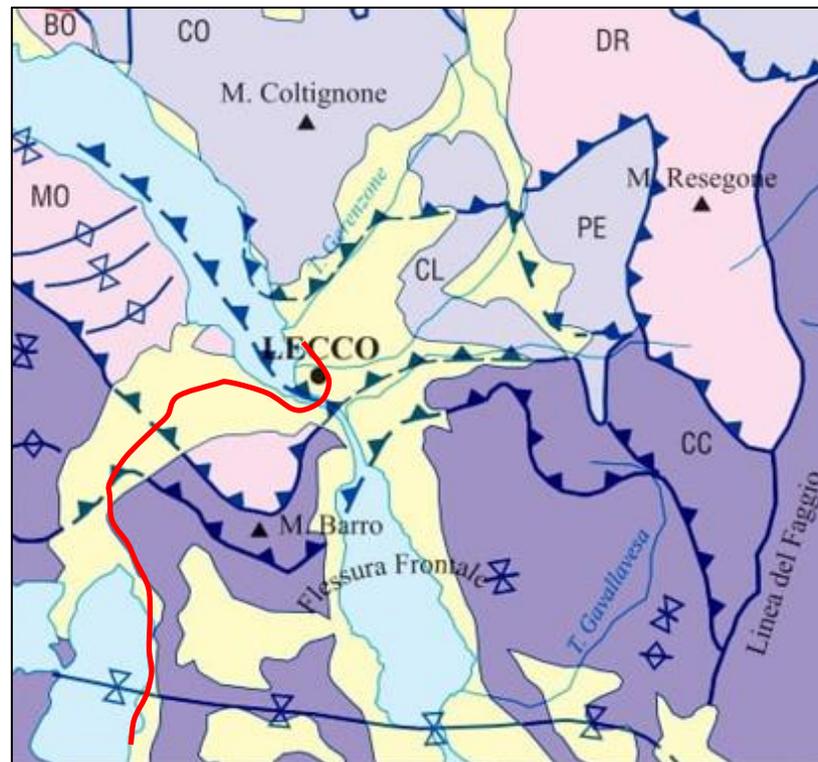
R 69 RG

GE 0001 001

B

18 di 166

a un nucleo in Dolomia Principale su cui poggia, in continuità stratigrafica, la successione bacinale della Valle Imagna.



**Figura 4-3 - Stralcio dello schema strutturale riportato nel Foglio 76 Lecco, Carta Geologica d'Italia. In rosso la linea di progetto.**

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  19 di 166

## 4.2 ASSETTO STRATIGRAFICO

Il substrato roccioso limita i suoi affioramenti alla parte settentrionale e centrale dell'area di studio. Si riconosce una successione di unità litostratigrafiche cretacico-mioceniche note dalla letteratura.

Nella parte nord-orientale (Brianza lecchese) la classica successione flyschoidale della Bergamasca comprende successioni ritmiche arenaceo-marnose (arenaria di Sarnico, Flysch di Bergamo) alle quali si intercalano corpi grossolani (conglomerato di Sirone) e depositi legati a frammenti sinsedimentari di estensione bacinale.

L'affioramento del substrato è generalmente concentrato nel settore nord-occidentale, oppure non riconoscibile a causa dell'estesa copertura detritica principalmente depositata durante le glaciazioni plioquaternarie.

La coltre detritica è costituita da materiale incoerente distinto sulla base dell'età relativa nonché dei meccanismi di deposizione ed è formata prevalentemente da terreni di origine fluvioglaciale.

Le unità geologiche presenti nella zona di progetto identificate nei fogli CARG 076 Lecco, 096 Seregno e 097 Vimercate (da Figura 4-3 a Figura 4-7) e sono illustrate e descritte di seguito dalla più antica alla più giovane.

### *Successione sedimentaria delle Alpi Meridionali*

#### *Calcere di Zu (ZUU)*

L'unità affiora estesamente nella metà S del foglio, dalle testate delle V. Taleggio, Brembilla e Imagna, sino alla cresta dell'Albenza. Inoltre, è presente nel Lecchese (Corno di Grao), al M. Barro e a monte di Civate.

È costituito da alternanze spesso cicliche di calcari, marne e argilliti di colore da grigio a grigio scuro. La classica località dell'Azzarola di Stoppani (1860-65) è ubicata in prossimità dell'inceneritore di Valmadrera, ma è oggi quasi completamente coperta.

Sono possibili suddivisioni interne alla formazione. Inizialmente veniva operata una tripartizione (Lakew, 1990; Jadoul & Gnaccolini, 1992), in cui l'elemento di suddivisione era costituito dal Banco a Coralli, formante la litozona intermedia. Ora invece viene utilizzata la classificazione proposta da Jadoul et alii (1994, 2000) e Galli et alii (2007). Tuttavia, per motivi di scala, nel Foglio Lecco il Calcere di Zu è stato cartografato secondo una bipartizione, che accorpa la quadripartizione di Jadoul et alii (1994). Pertanto, la litozona inferiore (ZUUa) comprende i membri Zu1 e Zu2, mentre la litozona superiore (ZUUb) comprende i membri Zu3 e Zu4. La bipartizione si applica facilmente a E della Linea del Faggio, mentre ad O di questa l'unità è rappresentata in modo indistinto.

La classificazione in membri informali di Jadoul et alii (1994) è la seguente, dal basso verso l'alto:

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p align="center"><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>LC00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 001</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>20 di 166</p>

Zu1: argilliti nere intercalate da calcari grigio scuro in strati planari, con abbondanti bioclasti, talora formanti *coquines*. Sedimentazione ciclica con pacchi di strati calcarei potenti sino a 20 m. Spessore 80-200 m.

Zu2: strati calcarei massivi con coralli coloniali dendroidi, talora in posizione di vita, talora frammentari. La frazione argillitica è ridotta, più abbondante nelle valli Imagna, Brembilla e Taleggio, più scarsa in Albenza e verso occidente. Non infrequenti i grainstone oolitici. Spessore 80-100 m.

Zu3: alternanze cicliche marne/calcari, con calcari (calcilutiti) gradualmente prevalenti verso l'alto. Alcuni orizzonti evaporitici. Il membro termina con un secondo banco a coralli, con piccoli patch-reef. Spessore 120-180 m.

Zu4: Calcari sottilmente stratificati laminati cui seguono calcareniti (grainstone oolitici e packstone bioclastici). Spessore di 15-20 m. Galli et alii (2007) hanno separato questo membro nella nuova Formazione di Val Malanotte. Nel F. Lecco è cartografata entro l'unità ZUUb.

Lo spessore del calcare di Zu raggiunge i 500 m nelle V. Imagna, Brembilla e Taleggio, laddove si avevano già i massimi spessori del Calcare di Zorzino e dell'Argillite di Riva di Solto. A Costa V. Imagna lo spessore si riduce intorno ai 300 m e tale valore sembra mantenersi anche verso occidente.

Il Calcare di Zu è inoltre riccamente fossilifero e il suo ambiente deposizionale è stato interpretato come una vasta rampa carbonatica subtidale

Età: RETICO

### ***Formazione dell'Albenza (ALZ)***

Il termine sostituisce il nome tradizionale Dolomia a Conchodon (Stoppani, 1861), rivitalizzato da Gnaccolini (1964). Invalidano il nome il fatto che il Sasso degli Stampi sopra Cadenabbia, dove Stoppani (1860-65) aveva segnalato come abbondante Conchodon infraliassicus, si trovi in realtà nel Calcare di Zu, membro informale Zu2, e la composizione calcarea e non dolomitica dell'unità su gran parte della sua area di affioramento. Essendosi il nome storico "Dolomia a Conchodon" dimostrato del tutto inadeguato, esso è stato sostituito dal termine Formazione dell'Albenza (Jadoul & Galli, 2008).

La formazione si estende dalle creste SO della Val Taleggio, alla V. Bordesiglio, tra Avolasio e Culmine S. Pietro. Forma la cresta dell'Albenza, da cui prosegue in sostanziale continuità sino a Maggianico, attraverso il Corno di Grao. Dal M. Barro e si estende sino a V. dell'Oro.

È costituita da calcari grigio-chiari, in banchi metrici rinsaldati o privi di stratificazione. Prevalgono grainstone oolitici, più raramente mudstone che aumentano in frequenza verso l'alto. Le facies più grossolane o prive di matrice

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  21 di 166

presentano spesso andamento lenticolare, con laminazione incrociata a basso e alto angolo; sottili brecciole intraformazionali lungo strato sono interpretabili come il prodotto del rimaneggiamento di pavimenti calcarei interessati da mud-crack. La dolomitizzazione è rara e localizzata. Per la purezza del carbonato di calcio questa unità è intensamente cavata per calce e cemento.

Lo spessore della Formazione Dell'Albenza di mantiene in modo abbastanza costante tra 80-120 m.

Per quanto concerne l'interpretazione paleoambientale, la formazione dell'Albenza rappresenta un'estesa piattaforma carbonatica di tipo bahamiano, con barre oolitiche e depressioni intrabarra in cui si potevano accumulare le calcilutiti.

Età: HETTANGIANO.

#### ***Calcare di Sadrina (SED)***

Tale unità affiora spesso associata alla formazione dell'Albenza, ma sovente con affioramenti più discontinui, ed è costituita da calcari grigi o grigio scuri, in strati di 10 cm-1 m, con spruzzature o noduli di selce. La parte sommitale è costituita da calcari oolitici massivi, talora silicizzati con selce chiara. Si possono distinguere 3 litozone, non separate cartograficamente.

Quella inferiore è caratterizzata da calcari ben stratificati con spruzzature e lamine di selce scura con frequenti bioclasti e resti di bivalvi silicizzati.

La litozona mediana, la più potente ed estesa, è costituita da calcari grigio-scuro (calcilutiti) con sottili giunti marnoso-argillosi. Le lenti e liste di selce tendono a divenire un poco più diffuse. La terza litozona è caratterizzata da calcari oolitici o bioclastici, grigio chiaro o nocciola, in strati decimetrici spesso rinsaldati a formare banchi metrici, con laminazioni parallele o inclinate a basso e medio angolo.

Sovente i calcari sono silicizzati con fiammature biancastre, donde il termine locale dei cavaatori "selci bianche" utilizzate per vetri e ceramiche.

Lo spessore del Calcare di Sedina è tra 100 e 150 m in Bergamasca, con tendenza a ridursi a pochi metri o scomparire verso occidente

Il Calcare di Sadrina rappresenta una sequenza deposizionale con un iniziale approfondimento in condizioni subtidali e limitatissimi apporti pelitici, che si conclude con episodio di regressione e ritorno a condizioni di barra oolitica. Rappresenta una evoluzione della piattaforma bahamiana della formazione dell'Albenza, entro cui si differenziano comparti con maggiore approfondimento

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  22 di 166

Età: HETTANGIANO.

### ***Gruppo del Medolo***

Il nome deriva dal termine dialettale bresciani “medoli”, ovvero bolognini estratti da potenti pacchi di calcari ben stratificati e ricchi in selce del Giurassico Inferiore ed utilizzati come pietra da costruzione, in quanto da questi strati si possono ottenere con buona lavorabilità degli stessi. In tal modo il termine Medolo è entrato nell’uso geologico dell’area bresciana (Boni, 1947). Nella parte O della Lombardia invece, già Stoppani (1858) introdusse il termine “Formazione di Saltrio” per comprendere tutto ciò che sta tra quello che oggi definiamo rosso ammonitico lombardo e formazione dell’Albenza. Questa denominazione, insolitamente corretta dal punto di vista formale, cadde in disuso. Successivamente Parona (1889, 1898) utilizzò il termine di Calcari neri di Moltrasio, più per indicare una località fossilifera che una entità litologica. Però Desio (1929) nella classica monografia sull’Albenza, riferì i calcari scuri di età sinemuriana ai “calcari di Moltrasio” e tale definizione rimase successivamente nell’uso comune. La facile lavorabilità di queste litologie nell’area comasca fu alla base del successo dei Maestri Comacini, che tanta parte ebbero nel fiorire dell’architettura romanica lombarda e non solo. Nella letteratura svizzera invece fu utilizzato il termine Lombardischer Kieselkalk (Calcere Selcifero Lombardo; Frauenfelder, 1916). La più estesa e dettagliata trattazione di questa unità si trova in Bernoulli (1964), dedicata al bacino del M. Generoso. Cassinis (1968) e Boni et alii (1968) introdussero il termine Calcere di Gardone Val Trompia, che, con il Calcere di Domaro, forma il Gruppo del Medolo. Tale classificazione fu poi utilizzata dai geologi della scuola di Pavia operanti nell’area bresciana. Gaetani (1975), per la sostanziale unitarietà di questo tipo di successione in tutto il bacino lombardo, applicò il termine Gruppo del Medolo a tutta la successione definita come Calcere Selcifero Lombardo dagli AA. svizzeri, termine formalmente non corretto. Considerò il termine Calcere di Gardone Val Trompia come sinonimo più recente del calcare di Moltrasio. Le variazioni laterali esistenti entro il litosoma dei calcari con selce non sono così significative da giustificare la coesistenza dei termini Calcere di Gardone Val Trompia e calcare di Moltrasio. Il loro eventuale limite in corrispondenza del Lago d’Iseo è puramente campanilistico. Il Gruppo del Medolo è riportato tra le Unità Tradizionali nel Catalogo delle Formazioni Geologiche di SGN-APAT (Schirolli, 2007).

### ***Calcere di Domaro (DOM)***

Il termine nella sua dizione formale fu proposto nella II edizione del F. 47 Brescia della Carta Geologica d’Italia a scala 100.000 (Servizio Geologico d’Italia, 1968). La successione di M. Domaro e la sua fauna ad Ammoniti entrarono in letteratura con Bonarelli (1894) che introdusse il termine Domeriano, tuttora in uso quale sottopiano del Pliensbachiano. Scheda formalizzata di Schirolli, (2002).

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  23 di 166

Si tratta di calcari grigio chiaro, talora nocciola, in strati di 10-50 cm, con superficie planare o nodulosa. Interstrati di marne-argille talora presenti, ma con distribuzione irregolare, spesso rossastri. Possono comparire rari strati in cui i noduli calcarei sono fasciati da marne rosate. Questa facies, che ricorda il calcare di Morbio del Comasco, non ha mai spessori significativi e continui nell'area del foglio a E del F. Adda. La selce ha distribuzione irregolare ed è in genere più chiara che non nel sottostante calcare di Moltrasio.

Lo spessore è di circa 100-120 m tra Carenno ed Erve, per ridursi sino a 20-25 m sul pendio del paleoalto dei Corni di Canzo.

La formazione si è sedimentata in un contesto bacinale e di pendio al raccordo col paleoalto dei Corni di Canzo.

#### Età. PLIENSBACHIANO INFERIORE -TOARCIANO BASALE

##### ***Calcare di Moltrasio (MOT)***

La denominazione deriva da Parona (1889), come discusso in precedenza ed affiora nel comparto SO del foglio Lecco, da Carenno a Civate. Il calcare di Moltrasio forma alteriti profonde e quindi è sovente coperto da prati e boschi.

È costituito da calcari e calcari marnosi grigio-scuri, tendenti al bluastro, in strati di 20-100 cm, ben suddivisi da marne e argilliti, spesso gradati, con probabile deposizione secondo correnti di torbidità distali. Frequenti le tracce di bioturbazione, poi fortemente compattate dalla diagenesi.

La selce, scura, può comparire in lenti, liste e noduli, talora molto abbondanti. Accanto alla litofacies tipica si può aggiungere una facies a breccie e megabreccie (MOTa), localmente dolomitizzate, con clasti extraformazionali derivanti dallo smantellamento delle sottostanti unità retiche ed hettangiane (Morterone: Jadoul & Doniselli, 1987, M. Tesoro: Jadoul et alii, 2000) e a torbiditi distali fortemente silicizzate, spongolitiche, presenti soprattutto nella parte basale della formazione.

Lo spessore è estremamente variabile: in corrispondenza dei paleoalti (Morterone, Corni di Canzo) si riduce a poche decine di metri, mentre in corrispondenza delle fosse può raggiungere 800 m.

I sedimenti del calcare di Moltrasio si sono depositi in un bacino in via di rapido approfondimento, con gradienti e scarpate significative lungo i fianchi. Nelle parti più lontane dalle scarpate prevalgono le torbiditi distali e le emitorbiditi.

#### Età. SINEMURIANO - PLIENSBACHIANO INFERIORE.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  24 di 166

### ***Maiolica (MAI)***

La denominazione deriva da Stoppani (1857; 1858) che riprese, utilizzandola in senso stratigrafico, una terminologia locale. Il nome “marmo Maiolica”, pubblicato per la prima volta da Maironi da Ponte, è dovuto probabilmente al colore bianco dell’unità, che evoca analogie con il marmo di Carrara. Scheda formalizzata di Falorni & Petti (2007).

La Maiolica è caratterizzata da calcilutiti bianche in strati generalmente sottili, ma spesso rinsaldati a formare pacchi di almeno 1 m. Molto evidenti le stiloliti. La selce, abbastanza chiara, può comparire in noduli di dimensioni varie oppure in straterelli continui.

Non infrequenti gli scivolamenti sinsedimentari, anche di spessore consistente (Carenno). Accanto a questa litologia predominante, si hanno nella parte inferiore straterelli vagamente rosati e nella parte sommitali intercalazioni argillitiche scure o marne grigie scuro. La parte sommitale può tuttavia mancare.

Lo spessore è mediamente di circa 120 m a Carenno-Erve, si riduce in direzione O a meno di 50 m tra Galbiate e Civate. Nella sinclinale di V. del Gatton, appena fuori dell’area del foglio, si riduce a 90 cm.

Età: TITONIANO UPERIORE - APTIANO INFERIORE

### ***Sass de la Luna (SDL)***

Il Sass de la Luna è un’unità litostratigrafica formale, costituita da una successione di marne e marne calcaree grigie. L’unità ha ricevuto la denominazione da Venzo (1954) ed è stata formalizzata da Bersezio, 2007. Il Sass de la Luna, tipico della Bergamasca e del Bresciano occidentale, corrisponde lateralmente nel Varesotto alla parte superiore della Scaglia Variegata. Affiora, come la marna di Bruntino, lungo il fascio di strutture della Flessura Pedemontana e a Sud delle stesse, nella zona a pieghe e faglie che caratterizza le colline pedemontane.

Il Sass de la Luna è stato suddiviso in due litozone informali (Bersezio, 1992) cartografate separatamente da Bersezio et alii (1990) nella Carta Geologica delle Colline Pedemontane tra Brianza e Lago d’Iseo, in scala 1: 50.000. Esse non sono state cartografate separatamente in questa edizione del Foglio 098-Bergamo. Le due litozone sono di seguito descritte. La litozona inferiore comprende una successione di marne e marne calcaree grigie o grigio-brune, localmente rossastre, potente da 40 m a 120 metri. È costituita dall’associazione di tre litofacies: 1) strati marnosi gradati e laminati, da medi a spessi, piano-paralleli; 2) marne omogenee o laminate grigie o rossastre, in strati medi o sottili, piano-paralleli; 3) calcilutiti a stratificazione sottile o molto sottile, piano-parallela, con abbondanti bioturbazioni e locale silicizzazione. Nelle successioni meridionali, più potenti, come a Madonna del Mirabile, gli strati marnosi gradati e laminati si alternano regolarmente alle marne emipelagiche grigie o rossastre, talora sviluppando sequenze negative. Verso Nord e Ovest, l’assottigliamento della litozona corrisponde alla riduzione di

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p align="center"><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>LC00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 001</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>25 di 166</p>

frequenza e spessore degli strati gradati e laminati, fino alla loro totale sostituzione da parte dell'associazione di marne e calcilutiti, con colorazioni rossastre diffuse. Il limite inferiore della litozona è sempre graduale, per progressivo aumento della frazione calcarea e graduale scomparsa dei colori verdi, neri e infine rossi, che caratterizzano la sottostante marna di Bruntino. La litozona superiore è costituita in prevalenza da calcari marnosi che presentano tutti i caratteri tipici dei depositi risedimentati con uno spessore che raggiunge i 250 metri. La litozona deriva dall'associazione aciclica delle seguenti litofacies: 1) calcareniti e marne calcaree gradate e laminate, in strati piano-paralleli, medi e spessi; 2) banchi calcareo-marnosi omogenei e fortemente bioturbati, il cui spessore può raggiungere i 10 metri, con base piana e netta di solito sottolineata dalla presenza di un conglomerato intraclastico; 3) calcareniti a laminazione obliqua planare, in strati sottili a base netta e tetto ondulato; 4) marne emipelagiche grigie, omogenee o laminate, in strati sottili e medi intercalati agli strati risedimentati; 5) calcilutiti a stratificazione sottile, piano-parallele, omogenee, talora silicizzate. La litozona superiore presenta i massimi spessori tra Bergamo e Villa di Serio-Zandobbio, cioè nella zona assiale della fascia di affioramento. In questo settore essa si configura come una successione monotona, priva di ciclicità, punteggiata dai banchi calcarei più potenti, la cui frequenza e spessore aumentano verso l'alto. Alla sommità, poco sotto il limite formazionale superiore, gli strati calcareo-marnosi risedimentati diminuiscono di numero e spessore; gli ultimi metri del Sass de la Luna sono quindi caratterizzati dall'alternanza di calcilutiti pelagiche e marne emipelagiche. Il limite di letto della litozona superiore è graduale, per progressivo aumento della frequenza e dello spessore degli strati calcareo-marnosi risedimentati. Progressivamente la successione diviene decisamente più calcarea rispetto ai caratteri delle litofacies della litozona inferiore.

Lo spessore di questa unità varia da 70/80 a circa 330 metri. Riduzioni di spessore più marcate si verificano ad ovest e ad est dell'area del foglio, ove la formazione si può ridurre a meno di 20 metri (Lecco, Foglio 097-Vimercate).

Età: ALBIANO SUPERIORE

#### ***Flysch di Pontida (PTD)***

L'unità appartiene al Gruppo del Canto: Termine informale che accorpa il flysch di Pontida, o muovendo verso est il coevo flysch di Colle Cedrina, a una serie di litofacies caratteristiche alla sua base ("Formazione del Sommaschio" Auct.). Nell'area lecchese è rappresentato dalle "peliti nere superiori", dalle "peliti rosse" (queste due unità raggruppate nella formazione di Gavarno) e dal flysch di Pontida.

Si tratta di una formazione alla cui identità si riferiscono diverse denominazioni; corrisponde sostanzialmente al "Flysch scistoso-argilloso grigio" di Venzo (1954) e al "Flysch gris" di Aubouin et alii (1970). Il termine "Flysch di Pontida" è introdotto da De Rosa & Rizzini (1967), e successivamente modificato in "Formazione di Pontida" da Gnaccolini (1968) e Bichsel & Haering (1981). La formazione è cartografata come Flysch di Pontida da Bersezio et

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  26 di 166

alii (1990) in tutta la sua area di affioramento. La Bergamasca occidentale, nel Foglio 097-Vimercate, è l'area di più significativo sviluppo della formazione; gli affioramenti più significativi si trovano nelle zone di Torre de' Busi e Pontida, fino a Calolziocorte nel lecchese.

Esso è costituito da alternanze marnoso-arenacee a stratificazione da sottile a spessa, cui si alternano strati e banchi calcareo-marnosi potenti fino ad alcuni metri, talora gradati e con base conglomeratica. Esso presenta una associazione di facies relativamente monotona, costituita per la maggior parte da strati arenacei di origine torbiditica, incompleti alla base (Tbe), a geometria piano-parallela. Prevalgono: alternanze di peliti e arenarie molto fini sino a silt in strati da sottili a spessi, con l'intervallo pelitico-marnoso molto più spesso di quello arenitico; coppie siltiti e peliti giallastre in strati di vario spessore; coppie calcareniti / calcilutiti gradate in strati da sottili a molto spessi. Il rapporto arenaria/pelite cresce nella parte alta della formazione, in prossimità del passaggio all'arenaria di Sarnico. La distribuzione dei corpi calcareo marnosi è irregolare e non mostra alcuna ciclicità; la loro frequenza e spessore decrescono verso l'alto della formazione. L'indicazione della paleocorrente (flute cast e parting lineation, in particolare) suggerirebbe una provenienza degli apporti da E (Bersezio & Fornaciari, 1987).

Lo spessore del flysch di Pontida è difficilmente misurabile non solo per l'estensione delle coperture superficiali ma anche per la frequente pervasività della strutturazione tettonica a diversa scala. Comunque, lo spessore massimo è valutato in 600 metri nell'area tipo Pontida - M. Brocchione del Foglio 097-Vimercate.

Età: TURONIANO MEDIO – SUPERIORE.

### ***Arenaria di Sarnico (SAR)***

Le ragioni del nome sono da ricondurre alla denominazione commerciale della pietra da costruzione - "pietra di Sarnico" - estratta nelle numerose cave che trovano sviluppo soprattutto nella zona di Sarnico.

La successione tipica dell'arenaria di Sarnico è costituita da un'alternanza di arenarie grigie in strati da sottili a spessi e di peliti; l'unità si presenta essenzialmente con tre associazioni di facies, non cartografate separatamente, di seguito descritte in ordine di importanza. a) Alternanza tra peliti grigie e arenarie fini e medie, massive, senza evidenti strutture interne, in strati piano paralleli da medi a spessi, a base netta e contatto superiore arenaria/pelite pure netto; rapporto arenaria/pelite=1. b) Alternanze di peliti e arenarie fini in strati da sottili a medi, massivi o con laminazioni da parallele a oblique. c) Arenarie medie e fini amalgamate, in strati e banchi spessi fino a 7-8 metri, con gradazione assente o poco sviluppata e superfici di stratificazione nette, parallele o leggermente convergenti alla scala dell'affioramento. L'unità, nel Foglio 096-Seregno, è costituita da litareniti fini e medie (Folk, 1980), ben selezionate, con cemento calcitico tardivo.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  27 di 166

La successione, inoltre, costituisce un sistema torbiditico silicoclastico e ha uno spessore abbastanza uniforme distribuendosi con uno spessore massimo valutabile attorno ai 400 metri.

Età: CONIACIANO

### ***Peliti di Prestino (RSI)***

L'unità litostratigrafica peliti di Prestino, la quale rientra all'intero del Gruppo della Gonfolite Lombarda, è stata proposta da Napolitano (1985) come membro del conglomerato di Como e quindi elevata al rango di formazione in Gelati et alii (1988); prende il nome dall'abitato di Prestino (frazione di Como).

Le peliti di Prestino affiorano nel quadrante NO del Foglio 096-Seregno, lungo il margine SO della Spina Verde e del Monte Tre Croci. L'area di affioramento si estende da Casate (NO) fino ad almeno Senna Comasco (SE). Limitati affioramenti, attribuibili dubitativamente alle peliti di Prestino, sono osservabili presso la collina di Specola.

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. Frustoli vegetali limonitizzati o carbonificati sono comuni. Nella parte bassa della formazione si osservano alcuni pebbly mudstones con ciottoli di medie dimensioni (5-10 cm). Gelati et alii (1991) riportano la presenza di uno slump nella parte mediana dell'unità. Verso NO, nel Foglio 075-Como, le peliti di Prestino passano lateralmente per intercalazione di facies a conglomerati, ascrivibili secondo Gelati et alii (1988) al conglomerato di Como.

Le peliti di Prestino costituiscono a scala regionale un corpo lentiforme che si assottiglia verso NE. Nel Foglio 096-Seregno lo spessore è grossolanamente costante ed è stato calcolato intorno ai 450-535 m (Longo, 1968; Gelati et alii, 1988, 1991).

Paleogeografia. Le evidenze sedimentologiche e il contenuto macrofaunistico suggeriscono un ambiente di deposizione emipelagico in prossimità della base del pendio, dove si verificavano episodicamente deposizioni di torbide diluite, fenomeni di rimobilizzazione lungo pendio e colate detritiche. Rögl et alii (1975) e Valdistrlo in Gelati et alii (1988) riferiscono le peliti di Prestino alla zona batiale superiore (500-1000 m).

Età. CHIATTIANO SUPERIORE

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>LC00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 001</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>28 di 166</p>

### ***Formazione di Como (FCM)***

Conglomerati clasto-sostenuti nella parte basale, aumento di matrice e dimensione dei clasti verso l'alto di grandezza metrica. Matrice costituita da arenaria medio-fine o grossolana. Clasti poligenici, ma a prevalenza cristallina con componente sedimentaria che aumenta verso la sommità della sequenza. Intercalazioni di arenarie massive e livelli torbiditici più caotici. Ambiente deposizionale: riempimento di un sistema di canyon sottomarini, condizionato da una morfologia di argini naturali. Spessore fino a 1500m.

### **Età. MAASTRICHTIANO**

### ***Formazione di Brenno (BNN)***

Calcarei marnosi e marne calcaree di colore bianco, grigio o rosato, con subordinate calcilutiti bianche, grigie o nocciola. Stratificazione piano-parallela da sottile a media. Intercalazioni di livelli arenitici a composizione ibrida (quarzo, carbonati, selce e frammenti di rocce granitoidi). Locali lags a Inocerami. Spessori: 100 metri. Ambiente pelagico prossimale.

### **Età. SANTONIANO-CAMPANIANO.**

### ***Flysch di Bergamo (FBG)***

Alternanze di peliti e arenarie in strati da sottili a spessi, talora organizzati in cicli coarsening-upward; strati arenitici gradati e laminati (sequenze di Bouma Ta-e e Tb-e) con frequenti controimpronte e tracce di bioturbazione alla base. Componente arenitica media e grossolana prevalente nell'area orientale (Viganò e Garbagnate Monastero) dove si osservano anche intercalazioni di calcilutiti fini biancastre, in strati piano-paralleli sottili (Missaglia-Viganò). Spessore: non valutabile nel Foglio (stimato circa 1000 metri nell'adiacente Foglio Vimercate). Conoidi torbiditiche.

**Membro di Rogeno (FBG<sub>1</sub>):** peliti e areniti in strati sottili con occasionali intercalazioni metriche di conglomerati e paraconglomerati canalizzati, ciclicamente alternati, nella parte sommitale. Spessore non inferiore ai 200 metri.

### **Età. AQUITANIANO.**

### ***Unità di superficie - BACINO DEL FIUME ADDA***

### ***Supersintema del Bozzente (BO)***

Il supersintema del Bozzente, indicato come Mindel dagli Autori precedenti, è costituito da depositi marcatamente alterati, con più del 90% dei clasti alterati e matrice arrossata con colori 5YR e 7.5YR.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>LC00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 001</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>29 di 166</p>

Il supersintema del Bozzente è stato suddiviso, nell'area di istituzione, in tre unità di rango differente, riconoscibili per la loro posizione e la loro espressione morfologica denominate (Zuccoli, 1997): sintema di Cascina Fontana, formazione di Castelnuovo e formazione di Cascina Ronchi Pella. Delle tre subunità, nel Foglio 096-Seregno, sono riconoscibili solo la formazione di Cascina Ronchi Pella e il **Sintema di Cascina Fontana**.

Quando mancano i presupposti per tale suddivisione i depositi di questo supersintema sono cartografati come indifferenziati.

Litologicamente è costituita da ghiaie grossolane massive o con rozza stratificazione e intercalazione di orizzonti sabbiosi; localmente cementate rappresentanti da depositi fluviali e fluvioglaciali (l'alterazione interessa l'intero spessore dell'unità, con più del 90% dei clasti alterati con la presenza di patine e screziature Fe/Mn) e da limi sabbiosi laminati indicanti depositi glaciolacustri.

Superfici limite e rapporti stratigrafici. La superficie limite superiore è data da un profilo di alterazione molto evoluto che interessa tutto lo spessore dell'unità. Il supersintema del Bozzente è coperto da depositi della formazione di Monte Carmelo e in contatto erosionale con i depositi del supersintema di Venegono e del sintema della Specola presso Cogliate lungo il Lombra (Fig. 22).

Depositati del supersintema del Bozzente affiorano negli intagli dei principali corsi d'acqua che solcano il Pianalto delle Groane; affioramenti significativi si hanno nel Lombra e nel Garbogero tra Cogliate/Barlassina e Ceriano Laghetto e in un piccolo impluvio, presso il campo sportivo di Seveso, che solca il margine orientale del pianalto stesso. Si osservino i till di colata e i dropstone all'interno delle laminiti lacustri.

Il supersintema del Bozzente costituisce aree rilevate (in Lombardia denominate pianalti) rispetto al livello generale della pianura, tagliate e isolate dagli eventi deposizionali successivi. Il Pianalto delle Groane è, infatti, riconducibile a un'antica piana fluvioglaciale associata a un evento glaciale Bozzente. Il pianalto presenta attualmente una morfologia generalmente pianeggiante e subpianeggiante; il suo bordo orientale è netto con una scarpata a forte pendenza, mentre il margine occidentale, tra Lentate sul Seveso e Cogliate, si presenta blando a bassa pendenza in raccordo con le aree circostanti, e più simile al margine orientale tra Cogliate e Cesate.

Il pianalto è caratterizzato da un'idrografia ben sviluppata con valli ben incise (Cisnara, Lombra, Garbogero, Seveso), conseguenza della presenza di litologie marcatamente alterate ricche in argilla e pertanto a bassa permeabilità superficiale che favorisce lo scorrimento superficiale delle acque e la conseguente incisione dei depositi stessi a discapito dell'infiltrazione.

Età. PLEISTOCENE MEDIO.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>LC00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 001</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>30 di 166</p>

### *Sintema di Cascina Fontana (BOF)*

L'unica è costituita da diamicton massivi a supporto di matrice (depositi glaciali) e ghiaie massive o grossolanamente stratificate a supporto di matrice e occasionalmente clastico, con intercalazioni sabbiose (depositi fluvioglaciali). Marcata alterazione che interessa più del 90% dei clasti per tutto il profilo dell'unità.

Più precisamente, il sintema di Cascina Fontana è costituito da:

- Depositi fluvioglaciali. Ghiaie massive a supporto di matrice che presso Carugo-C.na S. Ambrogio si presentano debolmente stratificate; solo raramente a supporto clastico. I clasti hanno dimensioni modali in genere di 3-4 centimetri e dimensioni massime di 20-30 centimetri; forma subarrotondata con clasti, spesso carbonatici, subangolosi. La sfericità è bassa con clasti appiattiti e a "sigaro". La petrografia è data principalmente da clasti carbonatici e metamorfici ai quali seguono petrografie granitoidi; raramente si riconoscono ultramafici, terrigeni, clasti di Verrucano Lombardo (Cabiato presso Villa Padulli, C.na S. Martino, Olgelasca). L'alterazione è sempre marcata, mediamente con il 70% dei clasti alterati e punte del 90% a seconda della posizione nel profilo: i carbonati sono principalmente decarbonatati e argillificati, solo occasionalmente fragili, i clasti metamorfici sono arenizzati, argillificati e con spesso cortex di alterazione color ruggine, i clasti granitoidi sono arenizzati e con spesso cortex di alterazione, solo occasionalmente si presentano fragili o sani (C.na Varenna); i clasti ultramafici hanno un cortex di alterazione mentre le quarziti si presentano sane.

La matrice è costituita da limi sabbiosi con argilla, sabbie limose con argilla, sabbie medio-grossolane, sabbie grossolane con argille, sabbie. Il colore d'insieme, spesso difficilmente determinabile vista la marcata alterazione dei profili osservati, è 7.5YR nelle porzioni superiori, passando a 10YR fino a 2.5Y scendendo nelle parti basse del profilo. Sono presenti venature disposte orizzontalmente di colore 5Y passante all'esterno a 7.5YR, screziature color ruggine e grigiastre associate ai clasti, patine e noduli di Fe/Mn.

Strutture sedimentarie riconducibili ad embricature e orientazione dei clasti si riconoscono in località Mariano Comense, Cabiato presso Villa Padulli; in località C.na S. Martino i clasti si presentano embricati ed orientati come a formare barre ghiaiose.

Sabbie fini e grossolane ghiaiose debolmente limose. I clasti hanno dimensioni modali di 3-4 centimetri con forma subarrotondata a bassa sfericità. Cristallini arenizzati, metamorfici poco alterati o con cortex di alterazione. Colore 10YR con patine di Fe/Mn associate ai clasti. Sabbie discretamente lavate con debole laminazione (C.na S. Martino).

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	31 di 166

- Depositi glaciali. Diamicton massivi a supporto di matrice solo localmente a supporto clastico, compatti e sovraconsolidati presso Brenna. I clasti si presentano generalmente mal selezionati con dimensioni da pochi centimetri a pluridecimetriche con massi anche di un metro (Figino Serenza); forma sia subarrotondata sia subangolosa con sfericità bassa. Si osservano principalmente clasti carbonatici e metamorfici con percentuali inferiori di ignei, quarziti e clasti terrigeni. L'alterazione risulta marcata per tutto il profilo con circa il 90% dei clasti alterati: i carbonati si presentano principalmente argillificati, in minor misura decarbonatati; i clasti metamorfici si presentano generalmente arenizzati e fragili anche se spesso mostrano uno spesso cortex di alterazione anche di 5 mm; i clasti ignei sono arenizzati e raramente con cortex di alterazione; i clasti ultramafici hanno un cortex di alterazione o si presentano sani come le quarziti. La matrice è costituita da sabbie limose, limi sabbiosi, argilla, sabbie fini con argilla, ghiaie fini, sabbie ghiaiose. Il colore d'insieme, nelle porzioni sommitali del profilo è 2.5YR, 5YR e 7.5YR, passante verso le parti inferiori a 10YR e 2.5Y. Sono spesso presenti screziature di colore 5YR, screziature disposte orizzontalmente di colore grigio passante esternamente a ruggine e abbondanti patine e noduli di Fe/Mn.

I depositi del sistema di Cascina Fontana affiorano estesamente lungo le incisioni vallive che solcano il Pianalto di Figino Serenza, il Pianalto di Brenna e tra gli abitati di Camparada, Lesmo e Sovico.

L'unità dà in genere luogo a morfologie ben conservate, con morene che costituiscono un imponente lobo la cui cerchia da Sovico è seguibile, verso E al di fuori dell'area in studio, fino a C.na Bracchi e Maresso (Strini, 2001). Si tratta di più morene addossate che risultano molto evidenti nella parte esterna e meno verso quella interna. Le morene sono caratterizzate dalla presenza di numerosi dossi piuttosto che da una cresta continua.

Questa morfologia sembrerebbe richiamare la forma di morene "annegate"; tuttavia non c'è evidenza, nella cerchia principale, di sedimenti appartenenti a formazioni più giovani. Potrebbe essere che le morene siano state in parte modellate da corsi d'acqua che hanno solo eroso senza deporre sedimenti. Altro fattore che può avere contribuito alla morfologia della cerchia più esterna è lo "sgonfiamento" che subiscono i sedimenti più antichi e alterati dovuto alla dissoluzione dei ciottoli carbonatici (Taramelli, 1903; Bini, 1987). Può essere che questa riduzione di volume non sia omogenea nel corpo della morena, sia per maggiore concentrazione di carbonati in una parte della morena stessa sia per variazioni nell'alterazione.

Più a Ovest sui Pianalti di Figino Serenza e Brenna le morene attribuite al sistema di Cascina Fontana si presentano ben evidenti ma con fianchi molto addolciti; costituiscono dossi allungati con cresta ben seguibile soprattutto tra Brenna, Olgelasca e Cantù presso C.na San Carlo.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p align="center"><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA LC00</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 0001 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 32 di 166</p>

Le cerchie moreniche di Camparada e quelle di Figino Serenza-Brenna costituivano probabilmente un unico esteso anfiteatro ora separato da un'imponente piana fluvioglaciale, risultato della sovrapposizione dei successivi eventi glaciali. Esternamente all'anfiteatro di Camparada è ancora presente un lembo cospicuo della piana fluvioglaciale che si spinge fin verso Arcore (Strini, 2001). Oltre a questa non sono presenti altre espressioni morfologiche delle piane fluvioglaciali del sistema di Cascina Fontana, ma solo affioramenti isolati.

### ***Sintema della Specola (PEO)***

In letteratura è noto anche come Complesso Glaciale della Specola (Bini, 1987), coincide con l'unità di Sirtori per Redaelli (1995) e corrisponde in parte al Riss degli Autori precedenti e in parte al "ferretto".

Il sintema della Specola è costituito da diamicton massivi a supporto di matrice (depositi glaciali) e da ghiaie a supporto di matrice con clasti isorientati e locali intercalazioni sabbiose, ghiaie massive a supporto di matrice (depositi fluvioglaciali). L'alterazione interessa circa l'80% dei clasti, con profilo di alterazione che può raggiungere spessori di 6-8 metri.

Il sintema della Specola mostra caratteri litologici un po' diversi a seconda della loro posizione nell'area del Foglio 096-Seregno. Nell'area di interesse il sintema della Specola è costituito da depositi fluvioglaciali e glaciali.

- Depositi fluvioglaciali. Ghiaie a supporto di matrice. I clasti si presentano isorientati ed embricati. Petrografia poligenica con predominanza di clasti cristallini fragili ed arenizzati, carbonati decarbonatati e raramente argillificati. La matrice è costituita da sabbie, limi e sabbie limose, a volte compatte, di colore 7.5YR e 5YR. Abbondanti patine di Fe/Mn sia nella matrice sia associate ai clasti e venature di colore 2.5YR.

Ghiaie a supporto di matrice limoso-argillosa o ghiaie a supporto di matrice localmente clastico. Ciottoli con dimensioni massime da centimetriche fino a circa 15-20 cm, in genere 5-10 cm; occasionalmente la dimensione massima può essere uguale o superiore a 25 cm. I ciottoli sono da subarrotondati ad arrotondati. Condotte da piping. Presenza di lenti sabbiose.

- Depositi glaciali. Diamicton massivi a supporto di matrice. I clasti hanno dimensioni modali di 2-4 centimetri, massime di 40 centimetri. Clasti cristallini fragili e arenizzati, arenacei alterati e rari carbonati decarbonatati. La matrice è costituita da sabbie limose e limi, discretamente compatti di colore 10YR passante verso l'alto a 7.5YR, con screziature 7.5YR e 10YR. Diamicton a supporto di matrice. Clasti con dimensioni massime da centimetriche a 40 cm, da subangolosi a subarrotondati. La matrice è costituita da limi argillosi raramente sabbiosi con colore variabile compreso tra 5YR e 10YR; localmente aspetto a

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  33 di 166

graticcio con glosse decolorate con bordo di colore 7.5YR o grigiastro con noduli 7.5YR. Occasionale presenza di screziature 2.5YR.

La morfologia del sintema della Specola mostra caratteri differenti nell'area del Foglio 096-Seregno. A Ovest l'unità è rappresentata da blandi dossi allungati a morfologia relitta; le piane fluvioglaciali sono state ricoperte o erose dagli eventi successivi. Lembi isolati di piane fluvioglaciali si riconoscono all'interno di valli preesistenti che solcano il Pianalto delle Groane.

Tra Intimiano e Figino Serenza i cordoni morenici presentano invece morfologie ben evidenti a descrivere un ampio semicerchio. La morena di Figino Serenza, che rappresenta la massima espansione del Ghiacciaio Specola, mostra il fianco N particolarmente ripido mentre il fianco esterno si presenta ampio, a blanda pendenza.

Le principali piane fluvioglaciali sono direttamente correlate alla morena di Figino Serenza; queste seguono la Valle del Terrò e la Valle del Seveso (attualmente rimangono evidenze solo in sponda idrografica sinistra). Lembi isolati di piana fluvioglaciale sono anche presenti all'interno delle valli Boscaccio e Cabiato.

Età. PLEISTOCENE MEDIO.

### ***Supersintema di Besnate (BE)***

Il supersintema di Besnate, attribuito dagli Autori precedenti al Würm e al Riss nelle porzioni marginali, 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.

L'unità è stata istituita da Da Rold (1990) ed è sinonimo di Complesso Glaciale di Muselle (Bini, 1987) e di supersintema di Muselle (Bini et alii, 1992).

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. Le unità distinte sono, dalla più avanzata alla più interna: unità di Guanzate, unità di Cadorago, unità di Minoprio e unità di Bulgarograsso. Nel margine SW del Foglio 096-Seregno è anche presente un lembo della vasta piana fluvioglaciale della Valle Olona, attribuita all'unità di Sumirago. Quando mancano i presupposti per tale suddivisione i depositi di questo supersintema sono cartografati come indifferenziati.

Il supersintema di Besnate è presente marginalmente nel settore nordoccidentale del Foglio 096-Seregno, dove il ghiacciaio di provenienza comasca del Lario veniva a contatto con quello del Faloppio. La mancanza di affioramenti

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p align="center"><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA LC00</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 0001 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 34 di 166</p>

non permette di descrivere i caratteri litologici e stratigrafici; pertanto, si riprende quanto osservato in aree adiacenti nel confinante Foglio 095-Busto Arsizio.

L'unità è costituita da diamicton massivi a supporto di matrice (depositi glaciali) e da ghiaie stratificate a supporto di clasti o a supporto di matrice (depositi fluvioglaciali). Di seguito vengono descritte dettagliatamente le litologie che la compongono:

- 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.

Le morene attribuite a questa unità mostrano, per il settore considerato, una morfologia evidente, espressione della sovrapposizione con una antica morfologia a dossi in substrato roccioso. Le morene rappresentano il margine più esterno orientale dell'anfiteatro glaciale del Faloppio, a cui si associano ampie piane fluvioglaciali.

Età: PLEISTOCENE MEDIO-SUPERIORE.

***Unità di Bulgaro grasso (BXE)***

L'unità appartiene al precedente supersistema di Besnate ed è costituita da diamicton massivi a supporto di matrice e clastico (till di ablazione), diamicton massivi a supporto di matrice, sovraconsolidati (till di alloggiamento), ghiaie a supporto di matrice e localmente a supporto clastico, ghiaie a supporto di matrice, debolmente stratificate e gradate (depositi fluvioglaciali). L'alterazione interessa circa il 40% dei clasti, con spessore osservato di circa 2 metri. Coperture loessiche presenti, anche debolmente colluviate.

L'unità di Bulgarograsso, per il settore occidentale del Foglio 096-Seregno, è costituito da depositi fluvioglaciali e glaciali.

- Depositi fluvioglaciali. Ghiaie a supporto di matrice, ghiaie a supporto di matrice e localmente a supporto clastico e ghiaie a supporto clastico; debolmente stratificate e gradate. I clasti hanno dimensioni da millimetriche a decimetriche (massimo 30 centimetri); forma da subarrotondata a subangolosa, bassa sfericità. I caratteri petrografici di riferimento sono: 47% di clasti carbonatici di cui il 34% argillificati, 57,4%

STUDIO GEOLOGICO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	35 di 166

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

decarbonatati e il 6,3% sani; 31% di clasti metamorfici, di cui il 67,7% sani, 25,8% fragili e il 6,4% arenizzati; 12% di clasti ignei di cui l'83,3% sani, l'8,3% arenizzati e l'8,3% fragili; 6% di clasti quarziticci; 2% di clasti di Verrucano Lombardo; 1% di clasti terrigeni e 1% di clasti di incerta attribuzione. La matrice è costituita da sabbie di colore 10YR e 7.5YR.

- Till di ablazione. Diamicton massivi a supporto tra matrice e clastico. I clasti, mal selezionati, hanno dimensioni da 1 a 70 centimetri; forma subarrotondata, bassa sfericità. Si riconoscono clasti carbonatici argillificati quelli di dimensioni minori e decarbonatati gli altri, metamorfici non alterati e con cortex di alterazione, clasti granitici fragili e arenizzati quelli di dimensioni minori, rari terrigeni. La matrice è costituita da sabbie grossolane di colore 2.5Y.
- Till di alloggiamento. Diamicton massivi a supporto di matrice, sovraconsolidati. Clasti carbonatici alterati (il fronte di decarbonatazione, ondulato, ha spessore di 4 metri). La matrice è costituita da sabbie di colore 5Y.

Nel settore occidentale sono riconoscibili depositi fluvioglaciali, affioranti a NE di Cadorago, a Minoprio, a SW di Vertemate, a Misinto e Cogliate. Depositi glaciali affiorano presso Minoprio e a N di Cantù-Asnago. Nel settore orientale depositi glaciali affiorano a N di Cremella, a Nibionno, a N di Cassago Brianza e a N di Sirtori. Depositi fluvioglaciali sono invece presenti a Cassago Brianza.

L'unità di Bulgarograsso rappresenta il più arretrato degli eventi glaciali Besnate. I depositi sono per lo più erosi e coperti dall'evento successivo; le morfologie risultano frammentate con morene spesso isolate all'interno delle piane fluvioglaciali del successivo "evento Cantù". Gli scaricatori glaciali scorrevano all'interno delle principali valli esistenti (Lura, Seveso e Lambro); un'estesa piana fluvioglaciale è ancora ben visibile tra Vertemate con Minoprio e il limite meridionale del Foglio 096-Seregno, proseguendo nel confinante Foglio 118-Milano. Questa paleovalle Bulgarograsso ha origine dalle morene di Vertemate e si sviluppa circa parallelamente alla Valle della Lura.

### ***Supersintema dei Laghi: Sintema di Cantù (LCN)***

In letteratura è noto anche come Complesso Glaciale di Cantù (Bini, 1987), corrisponde al sintema di Bodio (Da Rold, 1990) nell'Anfiteatro del Verbano e al Würm degli Autori precedenti

Solo nel lobo occidentale è stato possibile riconoscere all'interno del sintema di Cantù tre subsintemi distinti sulla base dei caratteri morfologici e sedimentologici. Essi sono dal più esterno: subsintema di Fino Mornasco, subsintema di Cucciago, subsintema della Cà Morta. Nel lobo orientale non è stato possibile riconoscere con certezza questi tre subsintemi e perciò il sintema è stato cartografato senza alcuna differenziazione.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p align="center"><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>LC00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 001</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>36 di 166</p>

I depositi del sistema di Cantù sono costituiti da depositi fluvioglaciali, glaciali e di contatto glaciale, deltizi e lacustri.

- Depositi fluvioglaciali: Ghiaie grossolane sciolte o cementate massive e stratificate a supporto sia di matrice limoso-sabbiosa sia clastico. Sabbie stratificate e laminate con strutture di trazione (Eupilio località Penzano) e massive, alternate a limi sabbiosi con accenni di laminazione incrociata presso Oggiono. Sabbie limose debolmente argillose. Grossolane alternanze di livelli limoso-argillosi e livelli sabbiosi. Sabbie grosse laminate passanti a sabbie limose massive verso l'alto, con ghiaie. Sabbie limose da fini a grossolane.
- Till di ablazione: Diamicton massivi a supporto sia di matrice sia di clasti; presso Costa Masnaga e Bulciago sono presenti piccole lenti di sabbie laminate. La matrice è costituita da limi argillosi, da sabbie argillose (SW di Ravellino e a N di Bestetto), sabbie limose (S di Bianzola), limi sabbiosi (S di Bianzola), sabbie (Rovagnate), limi (NW di Resempiano), argille (NW di Resempiano e Bevera superiore) e limi argillosi (Sirone). Colore generalmente 10YR. I clasti hanno dimensioni sia centimetriche sia decimetriche, con dimensione massima che varia tra i 40 e i 70 centimetri e minima di 2-3 centimetri. Nel settore nord-orientale tra il Lago di Pusiano e Annone la petrografia dei clasti è data da esotici provenienti dalla Valtellina (Ghiandone, Serizzo, gneiss, serpentini e micascisti), con una percentuale che varia dal 10 al 40% di ciottoli calcarei o arenacei provenienti dalle successioni locali. Nel settore centro settentrionale a S del Lago di Alserio sono abbondanti i clasti carbonatici da freschi a debolmente alterati, clasti cristallini da freschi a molto alterati e granitoidi quasi completamente alterati. Presenza di clasti a ferro da stiro e striati.
- Till di alloggiamento: Diamicton a supporto di matrice, sovraconsolidati. La matrice è costituita da argille limose poco sabbiose e da limi argillosi. I clasti si presentano striati e hanno dimensioni centimetriche, con carbonati da sani a parzialmente decarbonatati, cristallini abbondanti, granitoidi e metamorfici poco alterati.
- Depositi di contatto glaciale: Possono essere caratterizzati dall'associazione di diverse facies: fluvioglaciale, glaciolacustre, di versante e di colata. Mancano sezioni che possano mettere in evidenza questa variabilità di facies, nonostante ciò, sono stati determinati questi depositi di contatto in base alle evidenze morfologiche in corrispondenza di una parte dei terrazzi aventi pendenza perpendicolare all'orlo dei terrazzi stessi (Kovacs, 1995).
- Depositi di delta: Sabbie fini con ripple da corrente (tipo B). Sabbie a laminazione incrociata. Sabbie da fini a medie, a laminazione incrociata concava. Sabbie fini in strati centimetrici orizzontali passanti a sabbie fini limose. Sono talvolta presenti canali di erosione riempiti da ghiaie mediofini gradualmente passanti verso l'alto a sabbie. Localmente sono presenti orizzonti cementati. Letti di ghiaie e sabbie a stratificazione inclinata.

STUDIO GEOLOGICO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

LC00 00 R 69 RG GE 0001 001 B 37 di 166

- Depositi glaciolacustri: Limi spesso laminati, ma anche massivi, e sabbie per lo più massive. Sono frequenti i dropstones. Si ritrovano all'imbocco della Val Bova, della Valle Piot e allo sbocco della Valle di Carcano. Argille limose con all'interno piccoli clasti di varia natura. Limi argillosi, talora sabbiosi a N di Cascina Portanea; sabbie fini limose laminate fittamente, talora massive e limi argillosi massivi, talvolta laminati presso Molteno.

Il sintema di Cantù è presente nel settore nordorientale dell'area del Foglio 096-Seregno, tra Albese con Cassano, Annone di Brianza, Barzago-Cremella e Lurago d'Erba-Inverigo. Depositi fluvioglaciali occupano i terrazzi più bassi all'interno della Valle del Lambro. Till di ablazione affiorano nei pressi di Pusiano, Annone di Brianza, Oggiono, a N di Molteno e nella zona collinare di Bosisio Parini. Inoltre a SW di Ravellino, a N di Bestetto, a Brianzola, a Rovagnate, a Bevera superiore, a NW di Resempiano, a Sirone, a Cologna. Piane glaciolacustri sono state riconosciute a S del Lago di Pusiano, presso Moiana, tra gli attuali laghi di Annone e Pusiano e a San Bernardino dove sfociava il corso d'acqua fluvioglaciale di Longone.

Le morfologie legate al sintema di Cantù sono in genere ben conservate con morene a fianchi ripidi e ben rilevate rispetto alle zone circostanti. Non tutte le morene sono costituite da soli depositi glaciali ma risultano ricoprire unità di substrato e conglomeratiche; ad esempio la morena di Carcano si appoggia ad un dosso in conglomerato mentre quella di S. Salvatore giace su di un dosso in roccia.

I depositi fluvioglaciali costituiscono spesso i terrazzi e le piane morfologicamente più bassi all'interno delle principali valli, tra cui quella del Lambro, del Terrò, della Val Sorda e del Seveso presso Limbiate.

Età. PLEISTOCENE SUPERIORE.

#### ***Subsintema di Fino Mornasco (LCNI)***

Definito da Bini (1987) come sottocomplesso di Cantù; corrisponde in parte al Würm degli Autori precedenti.

Il subsintema di Fino Mornasco è costituito da depositi fluvioglaciali, glaciali, di contatto glaciale e lacustri.

- Depositi fluvioglaciali. Ghiaie grossolane con aumento della granulometria verso l'alto e livelli cementati; vagamente stratificate in letti planari suborizzontali. Clasti arrotondati spesso embricati, con blocchi meno arrotondati. Locale presenza di stratificazione incrociata.
- Till di alloggiamento. Diamicton massivi a supporto di matrice, sovraconsolidati. La matrice è costituita da sabbie limose. Clasti carbonatici non alterati, granitoidi in parte alterati. Abbondanti ciottoli striati. Colore 10YR.

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	38 di 166

- Till di colata. Diamicton a supporto di clasti con matrice scarsa. Ciottoli striati. Grossolana gradazione normale.
- Depositi di contatto glaciale. Sabbie da fini a grossolane con gradazione inversa, laminate nella parte inferiore. Sabbie limose massive con clasti sparsi. Sabbie e ghiaie gradate sino a sabbie fini e limi.
- Depositi lacustri proglaciali. Sabbie limose a laminazione piano-parallela con livelli ciottolosi a clasti arrotondati e allineati. Sabbie limose in parte sovraconsolidate con laminazione a diversa intensità, chiare e scure, pianoparallele, parzialmente deformate a tetto.

I depositi del subsistema di Fino Mornasco affiorano raramente e in modo discontinuo nel territorio in studio e presentano una morfologia evidente con morene ben conservate e piane fluvioglaciali evidenti. Al di fuori della zona degli anfiteatri l'unità è presente solo con depositi fluvioglaciali che costituiscono terrazzi interni alle valli principali (Valle della Lura).

#### ***Subsistema di Cucciago (LCN2)***

Definito da Bini (1987) come sottocomplesso di Cucciago; corrisponde in parte al Würm degli Autori precedenti.

I depositi del subsistema di Cucciago presentano in generale un contenuto maggiore di sabbie rispetto a più alte percentuali di frazioni ghiaiose del Subsistema di Fino Mornasco e sono separati da quelli del subsistema di Fino Mornasco precedente e del subsistema della Cà Morta successivo da superfici di erosione.

I depositi del subsistema di Cucciago sono costituiti da depositi fluvioglaciali, glaciali, di contatto glaciale e lacustri.

- Depositi fluvioglaciali. Ghiaie a supporto di matrice sabbiosa, localmente debolmente cementate. Clasti isorientati ed embricati. Presenza di lenti costituite da sabbie da medie a grossolane.
- Till di alloggiamento. Diamicton massivi a supporto di matrice, sovraconsolidati.
- Till di ablazione. Diamicton massivi a supporto di matrice con presenza anche di grossi erratici.
- Till di colata. Diamicton massivi a supporto di clasti. Clasti locali alterati ed esotici, sia arrotondati sia a spigoli vivi; presenza di ciottoli striati. La matrice è costituita da sabbie medio-grossolane di colore 10YR.
- Diamicton a supporto di clasti, con vaga stratificazione e ciottoli allineati.
- Ghiaie a supporto di matrice alternate a livelli di ghiaie fini e sabbie grossolane.

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

39 di 166

- Depositi di contatto glaciale. Sabbie e ghiaie fini gradate con lenti cementate. Sabbie massive o vagamente laminate.
- Depositi lacustri proglaciali. Sabbie da medie a fini con laminazione pianoparallela, incrociata e ripple mark. Assenza di ciottoli.

Area di affioramento. Till di colata, di alloggiamento e depositi di contatto glaciale affiorano presso la località Caslaccio (Solzago). Depositi glaciali, di contatto glaciale e fluvioglaciali si rinvencono nei dintorni di Senna Comasco (località Navedano, Gaggio e Santa Maria), nonché tra Bernate e Casnate. L'affioramento più rappresentativo è quello della cava Fontanino a N di Luisago, dove si hanno depositi fluvioglaciali e till di alloggiamento.

Il subsistema di Cucciago presenta una morfologia evidente più complessa e a tratti meglio espressa di quella del subsistema di Fino Mornasco, pur non avendo morene di dimensioni comparabili al precedente.

### ***Subsistema della Cà Morta (LCN3)***

Definito da Bini (1987) come sottocomplesso della Cà Morta; corrisponde in parte al Würm degli Autori precedenti.

Il subsistema della Cà Morta è caratterizzato dalla grande abbondanza di sabbia in tutte le facies osservate.

- Depositi fluvioglaciali. Alternanze di livelli di ghiaie in matrice sabbiosa grossolana, ghiaie pulite con sabbie da medie a fini e sabbie da medie a grossolane. Sabbie da medie a grossolane con laminazione piano-parallela e incrociata concava.
- Till di colata. Diamicton massivi a supporto di matrice con allineamento di clasti. Diamicton massivi a supporto di matrice sabbiosa; clasti localmente allineati, granulometria grossolanamente inversa ciottoli striati abbondanti. Talora è presente una grossolana stratificazione. Alternanze di ghiaie in matrice sabbiosa grossolana, spesso in letti con ciottoli più piccoli. Ghiaie pulite, sabbie grossolane con laminazione incrociata a basso angolo, sabbie fini e limi con laminazione piana o ondulata. Alcuni livelli sabbiosi sono cementati.
- Till di alloggiamento. Diamicton massivi a supporto di matrice; alcuni orizzonti risultano sovraconsolidati. Clasti carbonatici sia sani sia alterati, cristallini alterati. Clasti striati. La matrice è costituita da sabbie di colore 10YR. In alcuni spaccati (NE della località Tarliscia-Lipomo) si hanno molti clasti alterati, livelli a Fe/Mn e colore 7.5YR.
- Depositi di contatto glaciale. Alternanze di ghiaie a matrice sabbiosa grossolana e lenti di sabbie da medie a grossolane, massive o a laminazione incrociata. Parzialmente cementate, presenza di calcite secondaria. I

STUDIO GEOLOGICO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	40 di 166

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

livelli e le lenti appaiono deformati. Sabbie da grossolane a fini con limi in lamine piano-parallele o incrociate a basso angolo. Rari livelli di ciottoli. Limi argillosi laminati.

- Depositi lacustri proglaciali. Limi e argille laminati e in strati piano-paralleli. Lo spessore degli strati è variabile dal centimetro a 10-15 centimetri. Si alternano strati scuri argillosi e strati chiari limosi. Presenza di lenti di sabbie con lamine da piano-parallele a incrociate a basso angolo. Limi e in minor misura sabbie fini e argille. Laminazione piano-parallela con lamine spesse raccolte in strati di spessore centimetrico. Presenza di alcuni livelli con laminazioni incrociate a basso angolo. Rari clasti con strutture da carico alla base.
- Il subsistema della Cà Morta presenta caratteristiche morfologiche proprie costituite da grandi estensioni di piane lacustri e di contatto glaciale. Le morene, perciò, sebbene siano a tratti molto evidenti, non sono l'elemento morfologico principale. Al di fuori della zona degli anfiteatri l'unità è presente solo con depositi fluvioglaciali che costituiscono terrazzi interni alle valli principali (Valle del Seveso).

#### ***UNITÀ NON DISTINTE IN BASE AL BACINO DI APPARTENENZA***

##### ***Supersistema di Venegono (VE)***

Il supersistema di Venegono è costituito essenzialmente da depositi di versante appartenenti a vari eventi sedimentari e in misura minore da depositi fluviali, appartenenti a più eventi sedimentari indistinguibili sul terreno.

- Loess colluviali. Limi debolmente argillosi con clasti sparsi. Clasti di dimensioni centimetriche, in genere poco alterati o con cortex di alterazione di pochi millimetri. Colore 10YR, 7.5YR e 5YR.
- Depositi fluviali. Limi debolmente sabbiosi con presenza di livelli centimetrici alternati costituiti da ghiaie fini. Colore 10YR. Ghiaie fini e sabbie grossolane, a supporto di matrice costituita da limi sabbiosi di colore 10YR. Ghiaie poligeniche poco alterate o con una patina di alterazione superficiale.
- Depositi di versante. Ghiaie massive a supporto di matrice costituita da limi sabbiosi, ghiaie massive a supporto di clasti. Clasti di dimensione decimetriche, ignei e metamorfici alterati. Colore 7.5YR.

L'area di affioramento di questa unità è estesa a tutto il territorio considerato ad eccezione delle aree in cui sono presenti i depositi appartenenti al sistema di Cantù. Costituisce gran parte delle coperture dei principali versanti, dei fondivalle appiattiti di molti corsi d'acqua temporanei o abbandonati. Ammanta praticamente tutto il territorio.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA LC00</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 0001 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 41 di 166</p>

L'età del supersintema di Venegono non è definibile in relazione ad un singolo evento deposizionale. I depositi di questa unità, che sono rimaneggiati lungo versante o in ambiente fluviale, coprono tutte le unità a partire dal supersintema del Bozzente; quindi, hanno come età massima quella dei corrispondenti eventi glaciali.

Età. PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE

*Sintema del Po (POI)*

Il Sintema del Po comprende l'Alluvium recente di Riva (1957) ed è costituito da depositi fluviali e di conoide.

- 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 di conoide dominati da debris flow. Ghiaie massive a supporto di matrice limoso-sabbiosa, ghiaia massiva a supporto di clasti. Clasti di dimensioni centimetriche, poligenici.

L'unità affiora in tutto il territorio considerato lungo le aste dei fiumi attualmente attivi e lungo i versanti caratterizzati da instabilità attuale o recente. Depositi lacustri sono presenti presso modestissimi bacini posti a S di Musico (S di Costa Masnaga) e a N di Cremella, a carattere per lo più stagionale, dove la deposizione di questi sedimenti avviene tuttora.

La morfologia di tale unità è ben espressa nelle piane fluviali di maggiori dimensioni (Valle del Seveso, Valle della Lura, Valle di Brenna, Valle del Terrò, Valle del Lambro) mentre tende a diventare scarsamente significativa nelle aste più ridotte dove spesso la deposizione dei sedimenti è polifasica e ha interessato probabilmente molti eventi sedimentari anche precedenti l'ultima deglaciazione (supersintema di Venegono).

Età. PLEISTOCENE SUPERIORE-OLOCENE.

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

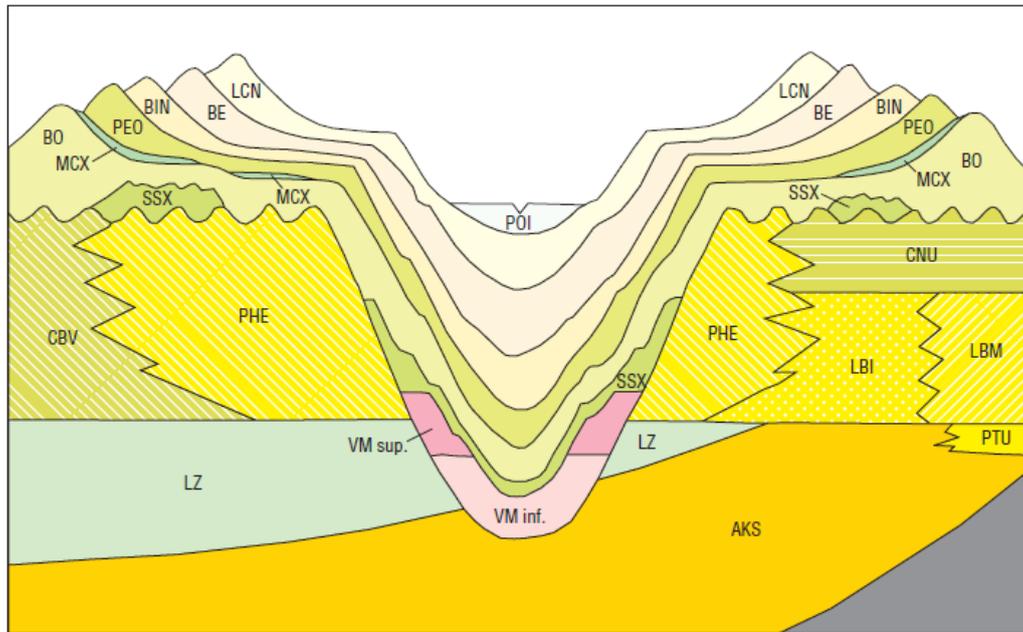
R 69 RG

GE 0001 001

B

42 di 166

**SCHEMA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI DELLE UNITÀ NEOGENICO-QUATERNARIE**



**UNITÀ DI SUPERFICIE**

- Sintema del Po (POI)
- Sintema di Cantù (LCN)
- Supersintema di Besnate (BE)
- Sintema di Binago (BIN)
- Sintema della Specola (PEO)
- Formazione di Monte Carmelo (MCX)
- Supersintema del Bozzente (BO)

- Tillite di San Salvatore (SSX)
- Ceppo di Calpuno (CNU)
- Ceppo di Portichetto (PHE)
- Ceppo di Inverigo (LBI)
- Ceppo di Monguzzo (LBM)
- Ceppo della Bevera (CBV)
- Sabbie di Ponte Nuovo (PTU)

**UNITÀ DI SOTTOSUOLO**

- Supersintema di Vimercate - Unità superiore (VM sup.)
- Supersintema di Vimercate - Unità inferiore (VM inf.)
- Supersintema di Lazzate (LZ)
- Argille di Castel di Sotto (AKS)
- Substrato

**Figura 4-4 - Schema dei rapporti stratigrafici delle unità neogeniche-quaternalie precedentemente descritte e riportato nel Foglio 96 Seregno, Carta Geologica d'Italia.**

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

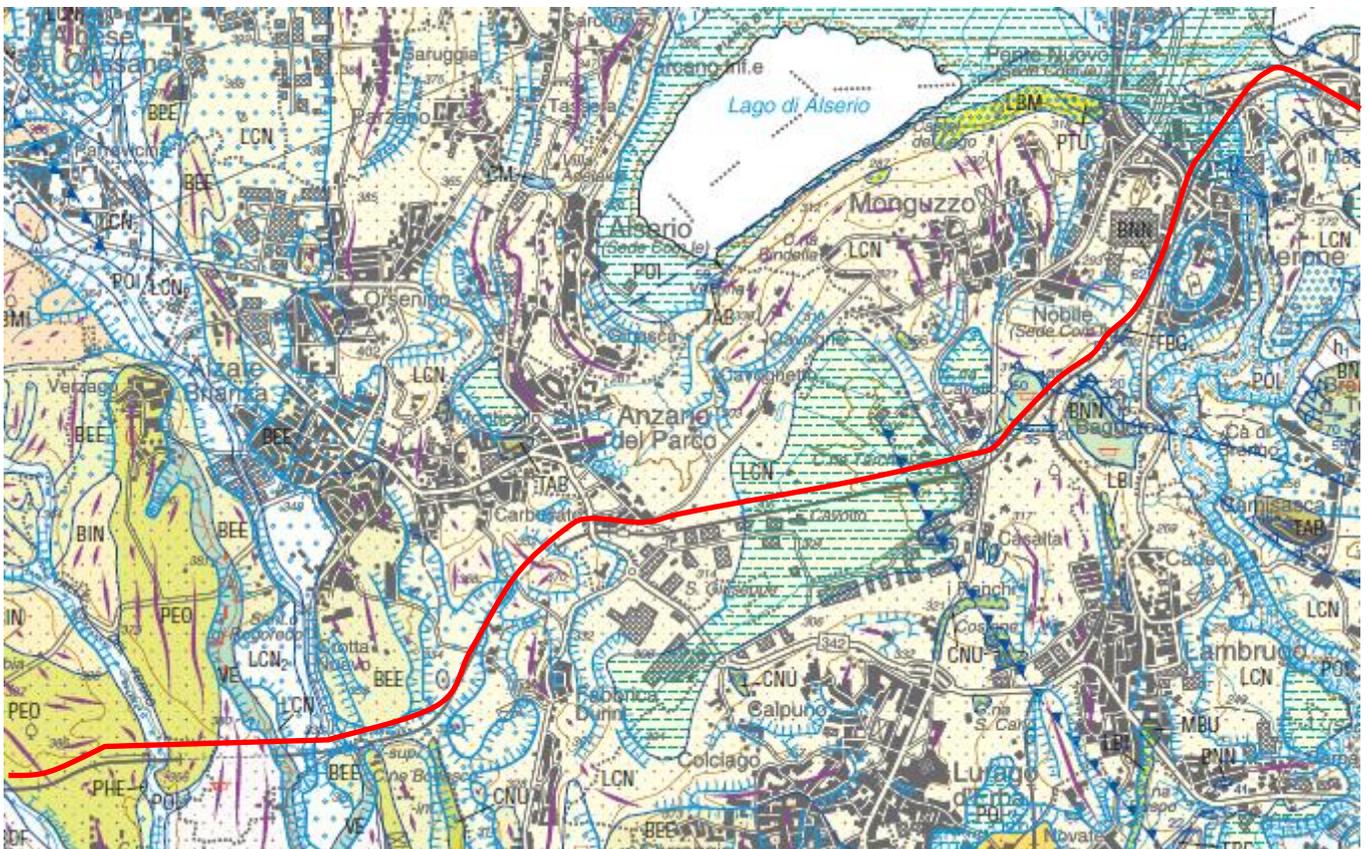
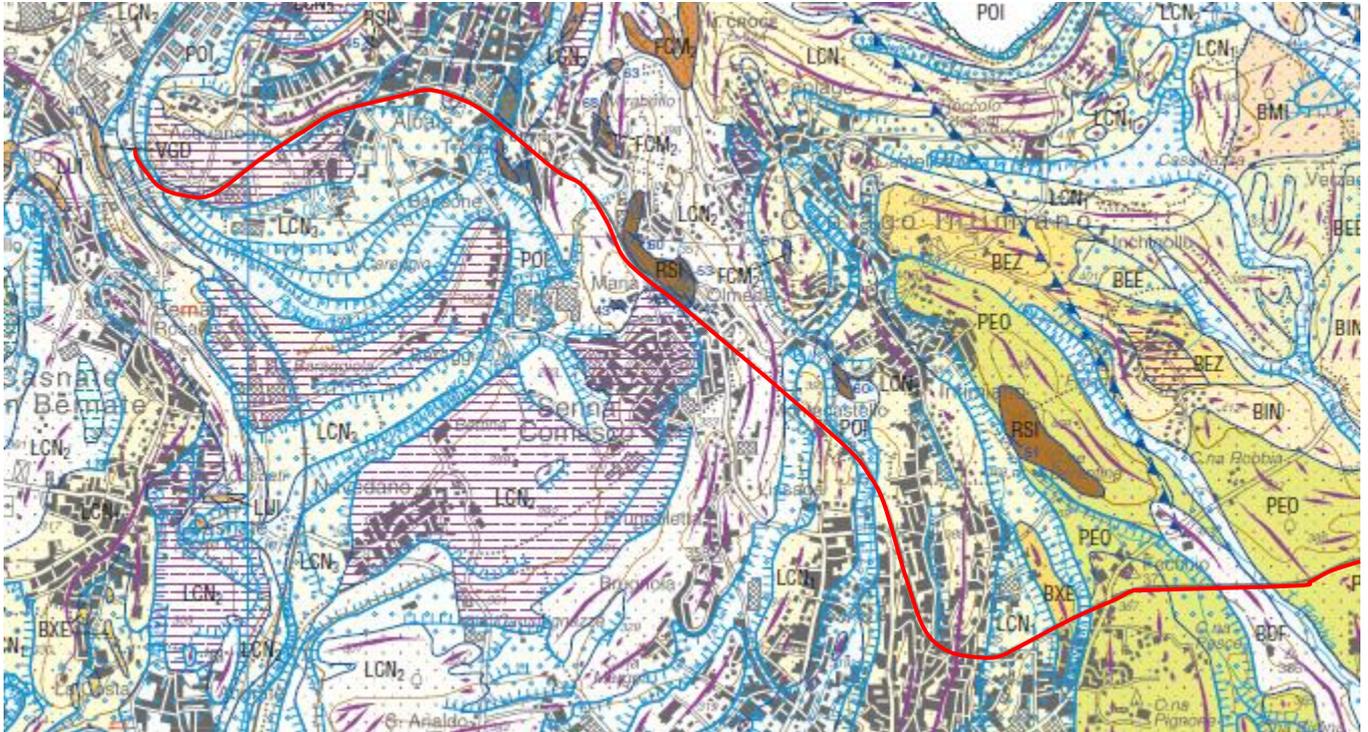
00

R 69 RG

GE 0001 001

B

43 di 166



STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

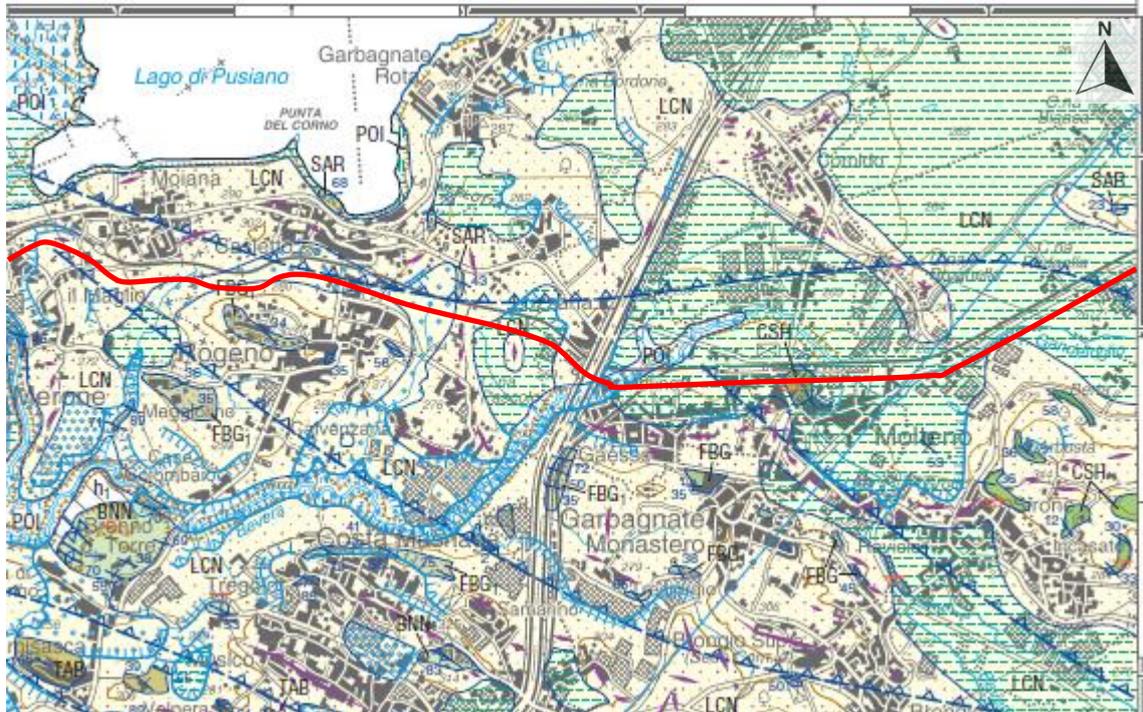
00

R 69 RG

GE 0001 001

B

44 di 166



**Figura 4-5 - Stralci 1:50.000 della Carta Geologica e relativa legenda, Foglio 096 "Seregno", scala 1: 50.000, ISPRA. In rosso si evidenzia il tracciato oggetto di studio.**



**Figura 4-6 - Stralcio 1:50.000 della Carta Geologica e relativa legenda, Foglio 097 "Vimercate", scala 1: 50.000, ISPRA. In rosso si evidenzia il tracciato oggetto di studio.**

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

45 di 166



**Figura 4-7 - Stralcio 1:50.000 della Carta Geologica e relativa legenda, Foglio 076 "Lecco", scala 1: 50.000, ISPRA. In rosso si evidenzia il tracciato oggetto di studio.**

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  46 di 166

## 5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio di interesse è localizzato al margine meridionale delle Prealpi lombarde interessate, tra l'Oligocene e il Messiniano, da attività deformativa che ha determinato un sistema di pieghe, faglie e sovrascorrimenti.

Le strutture a pieghe che interessano le unità cretache presenti nel settore nordorientale del tracciato ferroviario si riflettono sulla morfologia dell'area con una successione di colline allungate NW-SE, la cui presenza e disposizione hanno spesso condizionato la dinamica dei ghiacciai nelle fasi di ritiro. Le morene risultano spesso edificate sulle pieghe mantenendone la stessa direzione.

Questa zona è separata dalle Prealpi da una depressione strutturale allungata NE-SW che si estende nel sottosuolo fino all'altezza di Montorfano; attualmente sull'asse della depressione sono presenti i laghi di Alserio, Pusiano e Annone. Lungo la depressione sono evidenti attività di neotettonica: sul versante NE della collina di Monguzzo, più ripido rispetto al versante S, come ad indicare una scarpata di faglia, sedimenti (sabbie di Ponte Nuovo) dello Zancleano-Piacenziano sono sollevati a circa 300 metri di quota; evidenze si hanno anche in alcuni tratti del Cosia (Orombelli, 1976) e nei territori più a nord dove affiorano depositi glaciali verosimilmente pliocenici interessati da faglie inverse (Orombelli, 1976; Zanchi et alii, 1997).

Il settore nord-occidentale del Foglio 076 Seregno, in cui affiora il Gruppo della Gonfolite, è invece caratterizzato dalla presenza di colline arrotondate, la cui morfologia è il risultato dell'alterazione iniziata nel Messiniano e proseguita fino al Pliocene, dove il disseccamento del Mar Mediterraneo ha causato l'approfondimento delle valli di tutti i fiumi tributari del bacino. Anche i fiumi sudalpini, come l'Adda, hanno scavato profonde valli che attualmente sono occupate dai laghi prealpini.

Il passaggio dei ghiacciai ha asportato quasi completamente le alteriti formate, lasciandole visibili solo localmente, come a Malnate nei contigui Fogli 095-Busto Arsizio e 074-Varese (Corselli et alii, 1985).

Le colline, nel territorio compreso tra Como, Grandate e Capiago, formano un arco di circonferenza con versante nord-orientale molto ripido; questa disposizione è l'espressione morfologica del Retroscorrimento del M. Olimpino che ha interessato il Gruppo della Gonfolite. L'arco delimita in parte, verso Ovest, il prolungamento della depressione strutturale citata in precedenza. Le colline sono inoltre tra loro separate da un sistema di paleovalli formatesi, in tempi diversi, quando l'Adda percorreva la valle ora occupata dal ramo di Como del Lario, che potrebbe indicare attività recente del sovrascorrimento.

STUDIO GEOLOGICO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	47 di 166

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

L'influenza che l'assetto strutturale del substrato ha sui caratteri geomorfologici del territorio si manifesta solo nella parte più settentrionale perché più prossima al margine prealpino; nel resto del territorio i caratteri morfologici predominanti sono legati invece ai depositi glaciali.

Lo sguardo d'insieme dell'ambito in studio permette di distinguere quattro aree principali: due aree, una a W e una a E del Foglio, con presenza di morene disposte a formare ampi semicerchi denominati Lobo di Como e Lobo della Brianza, un'area meridionale caratterizzata dalla presenza di ampie piane fluvioglaciali e un'area centrale con morene allungate N-S e piane fluvioglaciali.

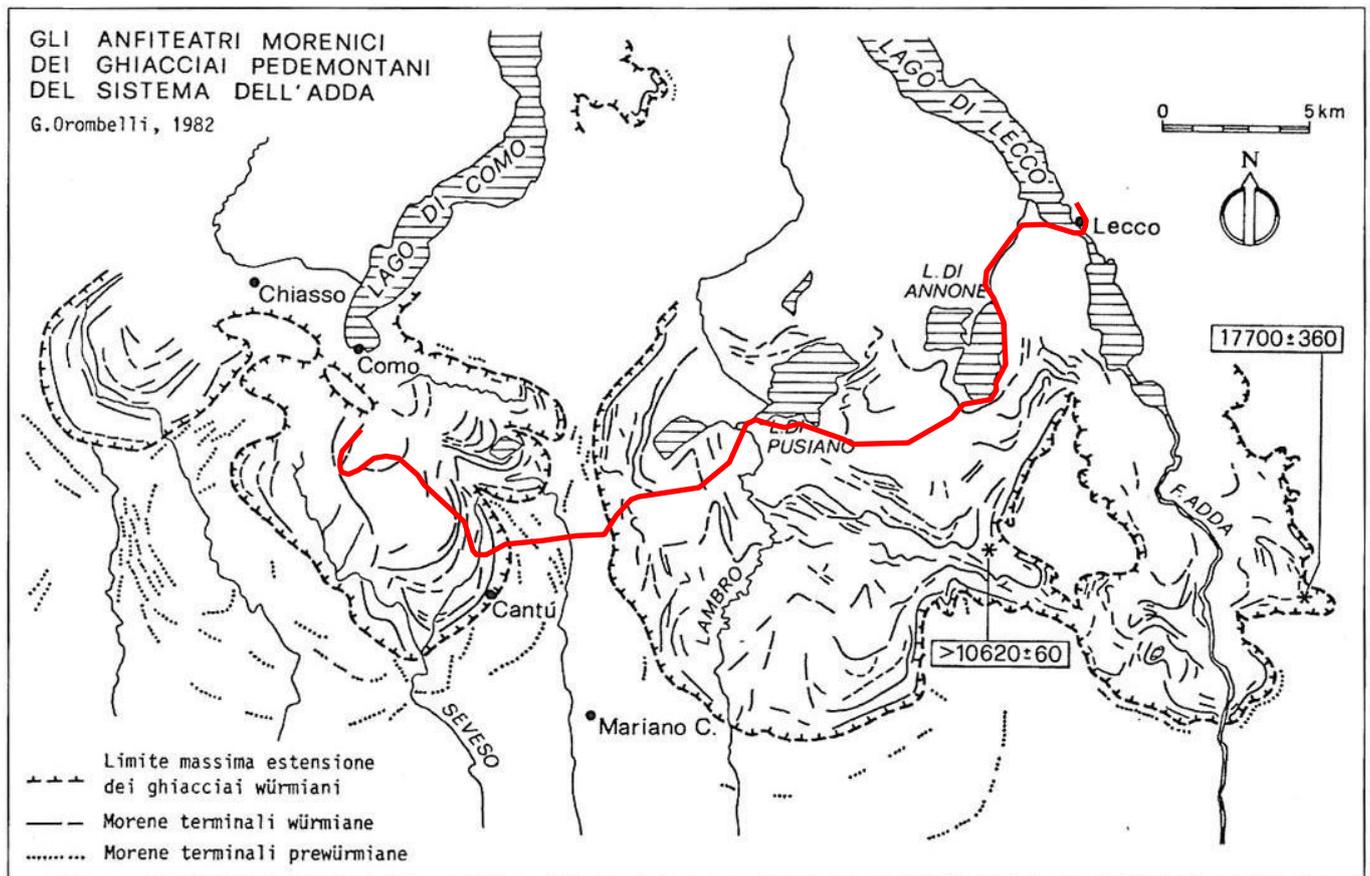


Figura 5-1 - "I depositi wurmiani del Comasco" – Orombelli 1982. In rosso la linea di progetto.

### Lobo di Como

Il Lobo di Como è caratterizzato, nella sua parte più recente a partire dal sistema della Specola, da morene ad andamento semicircolare, separate le une dalle altre da piane fluvioglaciali ad identica disposizione (Figura 5-1). La morfologia assunta dalle morene è ben riconoscibile tra Senna Comasco e Figino Serenza, mentre diviene più articolata spostandosi verso W dove il fitto reticolo di piane fluvioglaciali ha smantellato e frammentato le morene,

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  48 di 166

dando origine a quattro importanti valli; da E verso W: Valle del Seveso, Valle tra S. Michele e Cermenate, Valle della Lura e Valle tra Cirimido e Lomazzo.

La Valle del Seveso costituisce il principale scaricatore del ghiacciaio del ramo di Como del Lario e si è formata durante le prime glaciazioni che hanno interessato il territorio, mentre è stata più volte riempita di sedimenti e reincisa durante le glaciazioni più recenti.

Il percorso della Valle del Seveso, da N a S, è divisibile in tre settori:

- un settore settentrionale, comprendente l'ampia piana tra Grandate e Luisago, costituita dal sandur del Ghiacciaio della Cà Morta;
- un settore centrale in cui la valle, incisa nei conglomerati del ceppo di Portichetto, si presenta a canyon (ben visibile tra Abbadia e Cucciago) profondo circa 100 metri, largo (alla base) circa 150 metri e con versanti subverticali; nella parte centrale della Valle del Seveso confluisce la valle ora occupata dal Rio Acquanegra, che ha origine dalla cosiddetta "soglia di Camerlata". La Valle dell'Acquanegra, ampia in proporzione alle attuali portate del torrente, rappresenta lo scaricatore del Lago di Como quando questo, durante il ritiro dell'ultima glaciazione, aveva un livello delle acque superiore di 70 metri rispetto agli attuali 200 m s.l.m., livello dettato proprio dalla quota della soglia di Camerlata. In corrispondenza della dorsale di Baraggia la Valle dell'Acquanegra assume un andamento meandriforme; questa dorsale non è però una barra di meandro ma una morena-delta formatasi quando, nelle fasi di ritiro del ghiacciaio, l'area era occupata da un grande lago; testimonianze di questo lago sono visibili nei ripiani di Navedano a S e del nuovo carcere di Como a N, dove affiorano (Bini, 1987; Bersezio et alii, 1999) depositi limosi laminati (Fornace del Gaggio, Torbiera del Bassone);
- un settore meridionale, posto a S di Carimate, caratterizzato da un'ampia valle larga circa 2,5 km che taglia la continuità del pianalto di Meda e delle Groane, portandosi verso S fino al margine del Foglio.

La Valle tra S. Michele e Cermenate drenava invece le acque di uno scaricatore minore del ghiacciaio, sicuramente attivo durante le glaciazioni Binago e Besnate. La morfologia attuale della valle è data da un solco poco inciso, bordato da ampi terrazzi, che perde di evidenza a S di Misinto.

La Valle della Lura rappresenta il principale scaricatore del Lobo del Faloppio, solo marginalmente rientrando nel Foglio 096-Seregno. La conformazione del lobo stesso suggerisce che lo scaricatore glaciale doveva avere notevoli portate solo nella fase di massima avanzata dell'ultima glaciazione e durante alcune fasi di ritiro delle glaciazioni precedenti; in tempi diversi il drenaggio del Lobo del Faloppio era sottoglaciale verso N.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  49 di 166

Tra Bulgarograsso e Lomazzo, la Valle della Lura, incisa nei conglomerati del ceppo di Portichetto e della Bevera (eteropici lungo la Lura), si presenta a canyon profondo circa 30-40 metri e con larghezza non superiore a 500 metri.

A S di Lomazzo, pur essendo incisa, la Valle della Lura non è più a canyon ma è occupata da una sequenza di ampi terrazzi fluvioglaciali.

La valle tra Cirimido e Lomazzo drenava un intricato sistema di piccole valli fluvioglaciali attive durante gli episodi Binago e Besnate-Guanzate; il suo sandur si perde tra i terrazzi della Lura, ciò fa pensare che si trattasse di uno scaricatore glaciale minore con limitate portate.

La presenza di dorsali in roccia nel settore nord-orientale del Lobo di Como ha fatto sì che il ghiacciaio si dividesse in due sublobi, di Montorfano e di Albese. I sublobi sono caratterizzati da una serie di depressioni poste tra una morena e l'altra, formatesi durante le fasi di ritiro dell'ultima glaciazione; queste depressioni erano tutte occupate da laghi ora completamente interrati ad esclusione del Lago di Montorfano. Le attuali valli del Robbia, del Terrò, di Brenna e della Val Sorda costituivano i principali scaricatori glaciali dei sublobi di Montorfano e Albese; questi scaricatori, uniti in un'unica valle all'altezza di Cabiato, confluiscono nella Valle del Seveso. Come per le valli descritte in precedenza, anche queste presentano la parte centrale del proprio percorso a canyon molto stretto con profondità di circa 30 metri (Valle di Brenna).

### ***Lobo della Brianza***

Il Lobo della Brianza è stato formato dalla lingua glaciale proveniente dal ramo di Lecco del Lario che trasfluiva in territorio brianteo attraverso la sella di Valmadrera (220 m s.l.m.), da Pianrancio (970 m s.l.m.), dal Ghisallo (800 m s.l.m.), dai Piani di Crezzo (800 m s.l.m.) e dalla Valbrona (500 m s.l.m.) scendendo lungo la Valle del Lambro. Le differenze di quota delle confluenze facevano sì che il ghiacciaio che scendeva dalla Valle del Lambro fosse di dimensioni minori (ghiacciaio sottoalimentato) rispetto a quello che scendeva dalla Valmadrera.

Il Lobo della Brianza è formato, soprattutto nella parte sud-orientale (Morena di Monticello), da grandi morene disposte a semicerchio, tagliate da una serie di scaricatori glaciali: tra Beldosso e Besana Brianza, Valle del Lambro e Valle di Fabbrica Durini.

Il settore di NE del Lobo della Brianza è caratterizzato da pochi archi morenici ma da estese piane lacustri marginoglaciali e proglaciali drenate dai vari torrenti Bevera. I depositi lacustri presenti tra Briosco e Inverigo sono causa di frane di scivolamento e sono stati oggetto in passato di attività estrattiva nell'industria dei laterizi.

Gli scaricatori presenti tra Beldosso e Fabbrica Durini, attivi durante la fase Besnate-Cadorago, formano valli a fondo subpianeggiante, con versanti ripidi ma brevi e ampie non più di 200 metri che tagliano verso S le morene più antiche.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  50 di 166

Il Lambro, che ha origine nel Triangolo Lariano presso Pianrancio (Foglio 075-Como), forma tra gli abitati di Erba e Merone un ampio delta-conoide; questo si è formato al ritiro del ghiacciaio Cantù quando i laghi di Alserio e Pusiano erano uniti, molto più vasti e profondi degli attuali. Il Lambro si apre la strada tra vari cordoni morenici, piane lacustri e dossi in substrato, attraversando tutto il Lobo della Brianza. Tra Inverigo e Sovico la Valle del Lambro si presenta profondamente scavata, incidendo i conglomerati del ceppo di Inverigo e il substrato roccioso; presso Agliate il canyon del Lambro ha una profondità di circa 50 metri e una ampiezza di 150-200 metri.

Nel tratto a canyon la Valle del Lambro riceve da NE diversi affluenti che costituivano gli scaricatori glaciali attivi durante le glaciazioni Besnate e Binago; questi incidono profondamente le unità più antiche del Lobo della Brianza (sintema della Specola, supersintema del Bozzente), raccordandosi poi con il fondovalle del Lambro. Al margine SE del Foglio 096-Seregno la Valle del Lambro si allarga ed è occupata da una serie di terrazzi fluvio-glaciali.

La valle di Fabbrica Durini, affluente della Val Sorda, drenava un sistema di laghi marginoglaciali, presenti nei pressi di Anzano del Parco, formati nelle fasi di ritiro dei ghiacciai.

Tutti gli scaricatori glaciali che attraversano in senso N-S il Foglio 096-Seregno presentano un tratto del loro percorso profondamente inciso che corrisponde ad una fascia che tra Bulgarograsso e Brenna ha andamento E-W e da Brenna a Sovico ha andamento NW-SE. Lungo questa fascia affiorano le unità conglomeratiche (ceppi) che rappresentano le unità continentali più antiche del territorio; poiché i ceppi si trovano a quote superiori rispetto alle aree circostanti, costituendo una monoclinale immersa verso S, indicano che la fascia settentrionale dell'area del Foglio ha subito un sollevamento verso N dovuto ad attività tettonica recente o al sollevamento isostatico della catena alpina. In località Portichetto il ceppo di Portichetto, unità più bassa della successione, a contatto con il substrato, forma una collina rilevata rispetto alle unità più recenti, indice pertanto di sollevamento. Le aree poste all'esterno delle morene morfologicamente più evidenti dei lobi di Como e della Brianza sono costituite da depositi dalle glaciazioni più antiche riconosciute nel territorio (sintema della Specola, supersintema del Bozzente).

Queste aree sono caratterizzate da litotipi particolarmente alterati con aumento nel contenuto di argilla e da potenti coperture loessiche. La marcata alterazione e le coperture loessiche hanno provocato uno "sgonfiamento" e addolcimento delle originali morfologie a creste moreniche, dando origine a ripiani suborizzontali o debolmente inclinati, rilevati rispetto alle piane circostanti, che in Lombardia prendono il nome di Pianalti (Pianalto delle Groane, Pianalto di Meda, Pianalto di Brenna). I pianalti sono attualmente ridotti a lembi isolati a causa dei processi erosivi apportati dagli scaricatori glaciali in epoche successive.

La superficie dei pianalti era ricoperta da una spessa copertura loessica che per l'intensa attività estrattiva, che ha interessato in passato l'alto milanese nella produzione di mattoni, è stata quasi completamente asportata e ridotta a

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  51 di 166

spessori di 2-3 metri. Nel pianalto ubicato ad W del Ticino in Piemonte, lontano dalle grandi città dove la richiesta di mattoni era maggiore, la copertura loessica raggiunge i 20 metri di spessore.

L'idrografia dei pianalti è caratterizzata da corsi d'acqua ad andamento parallelo che nella maggior parte dei casi è legata alla paleoidrografia che si è sviluppata negli spazi tra le morene e lungo gli antichi scaricatori glaciali (Zuccoli, 1997).

### ***Settore Tra il Lobo di Como e il Lobo della Brianza***

I lobi di Como e della Brianza, durante le glaciazioni più antiche erano uniti, mentre durante le glaciazioni più recenti i due lobi erano separati individuando un'area allungata N-S di ampiezza limitata posta al centro del Foglio. Questo settore è occupato da resti di morene antiche e dai depositi fluviali e fluvioglaciali del Cosia che durante le glaciazioni non si dirigeva verso Como, come attualmente, ma verso S, costituendo una piana tra i due lobi ampia circa 1,5 km che tende a stringersi verso S fino a confluire nella Val Sorda-Valle di Brenna.

### ***Settore meridionale***

Tutta l'area meridionale del tracciato ferroviario è occupata dai *sandur* dei ghiacciai che a partire dagli scaricatori sopra descritti, si aprono a ventaglio verso la pianura. In quest'area i depositi dell'ultima glaciazione sono poco estesi e interessano solo il fondovalle degli attuali fiumi.

### ***Settore lecchese***

La valle del Lago di Lecco si è impostata lungo il margine dei thrust delle Grigne, per l'erosione fluviale del fiume Adda durante il disseccamento del Mediterraneo avvenuto nel Messiniano (Bini et alii, 1978; Finckh, 1978; Bini 1994).

All'altezza di Mandello del Lario la valle ha fondo in substrato roccioso a 663 m sotto il livello del mare, ossia 862 m sotto il livello del lago (profondo in questa zona poco più di 100 m). Essa si prolunga, ben oltre il limite raggiunto dai ghiacciai, nel sottosuolo della Pianura Padana (Rizzini & Dondi, 1978; Quattrone et alii, 1990; Bini, 1994) dove è riempita da depositi marini dello Zancleano. Durante lo Zancleano il mare penetrò profondamente nelle valli scavate in precedenza, secondo un modello già proposto da Gastaldi (1863), Stoppani (1873) e Taramelli (1880). L'azione dei ghiacciai nelle valli occupate dal lago è limitata all'asportazione dei depositi superficiali.

La valle del Lago di Lecco si prolunga verso Sud, nel Lago di Garlate. Dalla conca di Lecco si allunga verso SO la sella di Valmadrera e quindi il Lago di Annone. Nella sella di Valmadrera è presente una valle sepolta messa in luce dai sondaggi per il viadotto della SS 36. Il Lago di Annone, ritenuto un lago intermorenico (Nangeroni, 1956), ha la

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

52 di 166

maggior parte delle sue sponde in roccia e presenta un setto, in roccia, che lo divide in due bacini. In entrambi i bacini è presente una paleovalle sepolta.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  53 di 166

## 6 IDROGRAFIA

Dal punto di vista idrografico le aree di studio intersecano o vengono lambite da dei corsi d'acqua, maggiori e minori, appartenenti al bacino dell'Adda.

Il reticolo idrografico naturale dell'area di studio è formato, data la sua vasta area, da numerosi torrenti che scendono dai rilievi collinari, oltre che da una rete di canali e rogge piuttosto fitta.

Il tracciato ferroviario interseca il Rio Acquanegra e il torrente Trecallo tra Albate e Senna Comasco, la Roggia di Brenna, la Roggia di S. Antonio, il Torrente Serenza nella zona di Cantù.

Proseguendo si ritrova la Roggia detta Ca Nova, il Torrente Pobbia, il Torrente Terrò e il Torrente Brenna (o Roggia Vecchia o Roggia Lubiana) fino ad Agrate Brianza. Successivamente, dirigendosi verso il Lago di Pusiano si incontra la Roggia Fabbrica Durini e il Lambro.

Nel tratto tra Rogeno e Oggiono, l'idrografia è costituita dai torrenti Bevera di Brianza e Gandaloglio.

Il tratto finale della linea ferroviaria costeggia dapprima il Lago di Anone e poi quello di Como, incontrando il Torrente Bomboldo (o Bagnolo), il Torrente Molinetto (o Laghetto), il Torrente Valle Grossa, il Fiume Riotorto ed infine, presso la stazione di Lecco, il Torrente Caldone.

Qui di seguito viene riportata una breve descrizione dei due principali elementi idrografici del territorio corsi d'acqua dal punto di vista idrografico.

- Il *Rio Acquanegra* nasce in territorio comunale di Cucciago, scorre inizialmente in direzione NE-SO e successivamente in direzione Sud lungo il confine di Casnate con Bernate, fino ad immettersi nel Torrente Seveso. Riceve le acque della *Roggia Desio*, la quale scorre lungo il confine nord-orientale del territorio comunale di Casnate con Bernate in direzione SE, e della Roggia delle Careggine, che si immettono nei pressi della linea ferroviaria Milano - Como Chiasso.
- Il *Torrente Serenza* nasce in località Intimiano Sotto e si sviluppa in una propria valle che attraversa numerosi comuni del canturino. Entrato in Cantù in località campo Valle, attraversa la linea ferroviaria e si dirige verso sud. Qui il torrente è noto con il nome di "Roggia di Galliano", in passato detta Rozam, da non confondere con la Robiam ossia la Robbia affluente del torrente Terrò che nasce ad Alzate Brianza. Il Serenza successivamente attraversa il comune di Figino Serenza, a cui deve il nome in quanto ne divide il territorio in due parti nettamente distinte, Novedrate e Carimate, ove forma un orrido e si getta nel Seveso. Ha dislivello totale di 34 metri su una lunghezza di 49,9 km.

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

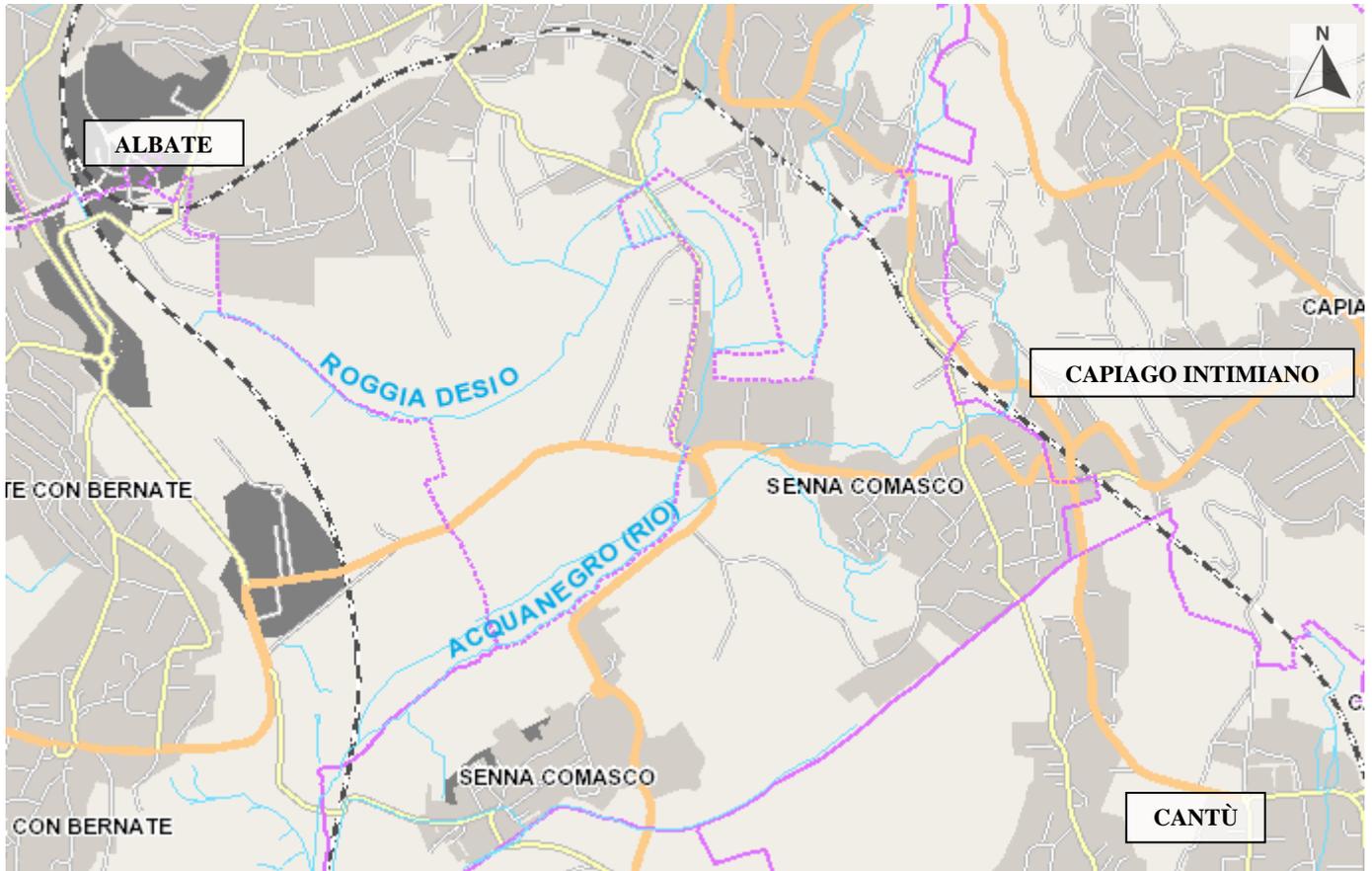
00

R 69 RG

GE 0001 001

B

54 di 166



**Figura 6-1 - Reticolo idrografico intersecante la linea tra Albate e Cantù (scala 1:25.000)**

([https://www.cartografia.servizirl.it/viewer32/index.jsp?config=config\\_RIRU.json](https://www.cartografia.servizirl.it/viewer32/index.jsp?config=config_RIRU.json)).

- Il *Torrente Terrò* nasce a NE del comune di Alzate, all'interno del territorio di Orsenigo, e si sviluppa con prevalente decorso N-S lungo il confine dei comuni di Alzate e Cantù all'interno di una valle dapprima incassata, successivamente via via più ampia. Il Terrò riceve i contributi di diversi affluenti, tra i quali i principali sono i torrenti Robbia e Lottolo. Lungo tale corso d'acqua sono presenti alcune aree di esondazione e delle aree di ristagno delle acque.
- Il *Torrente Brenna* (noto anche come *Roggia Vecchia* o *Roggia Lubiana*) e nasce dal Lago di Montorfano, costeggia il terrazzo morfologico di Verzago e si immette nel Torrente Terrò in un punto appena a monte dell'abitato di Capiate, dopo un percorso di circa 12 km, e attraversa il territorio con decorso NNW-SSE. Nel tratto settentrionale, tale corso d'acqua si sviluppa nell'ampia piana fluvio-glaciale, mentre a Sud della ferrovia scorre nella stretta valle incisa tra i terrazzi morfologici antichi. Da quanto indicato nello studio del PGT comunale, la portata idrica è modesta nel tratto iniziale e misurata pari a 0,03 m<sup>3</sup>/s, mentre passa in seguito a 0,2 - 0,3 m<sup>3</sup>/s a Sud del Santuario di Rogoredo, a causa dell'immissione di un collettore fognario

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

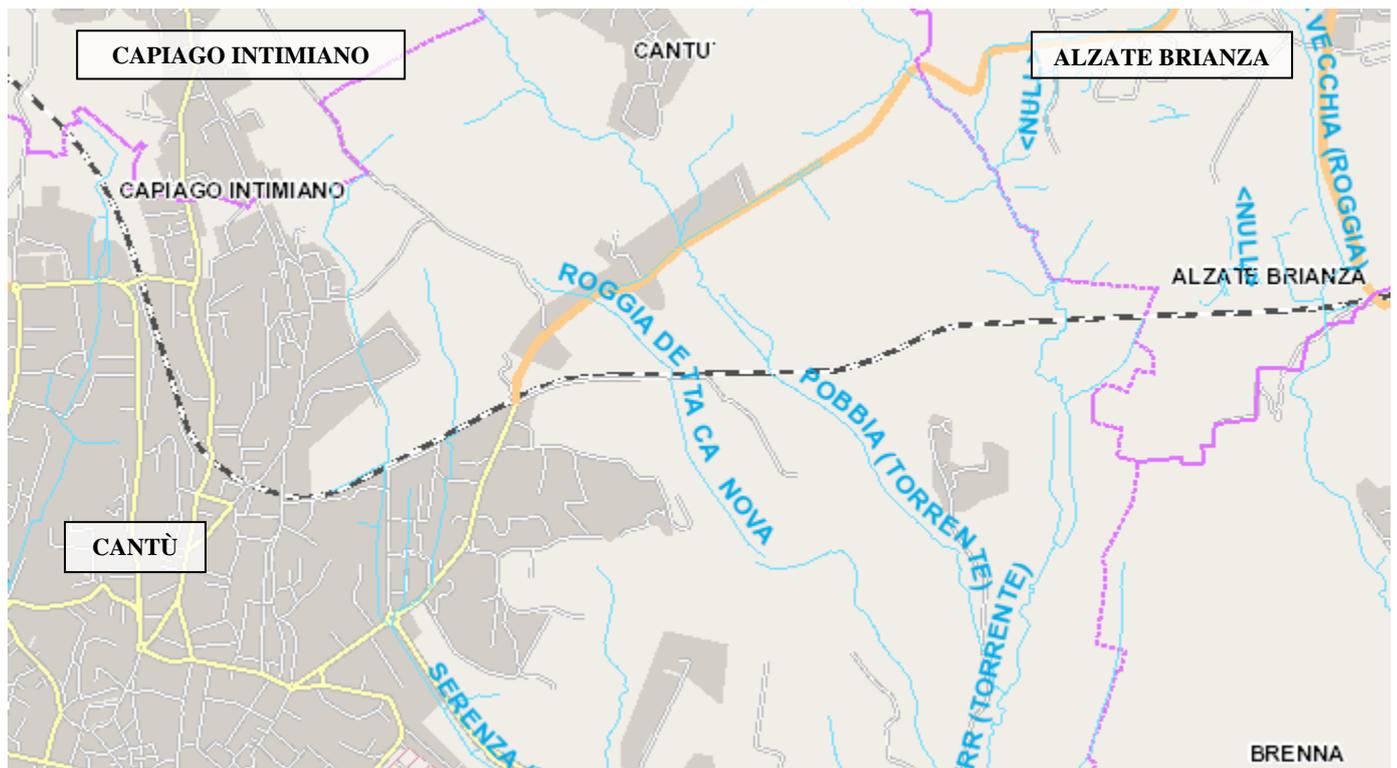
R 69 RG

GE 0001 001

B

55 di 166

proveniente da Alzate Brianza che scarica acque nere nell'alveo della Roggia Vecchia. Tale portata si mantiene poi pressoché costante fino alla confluenza con il Torrente Terrò, poiché le immissioni successive, prevalentemente costituite da scarichi di origine industriale nella zona di Brenna, sono di modesta entità. La Roggia Lubiana presenta nel tratto iniziale un alveo attivo di dimensioni contenute (larghezza circa 1 m, profondità dell'incisione rispetto al piano campagna circa 1 m); a valle dell'immissione del collettore fognario di Alzate Brianza, l'alveo aumenta le proprie dimensioni fino ad una larghezza circa 2,5 m, e ad una differenza di quota rispetto al p.c. circa 2 m, e di conseguenza il proprio rilievo morfologico. L'attraversamento della linea ferroviaria Como - Lecco avviene, da parte della Roggia Lubiana, per mezzo di un sottopassaggio; a valle del terrapieno, le dimensioni dell'alveo attivo aumentano ulteriormente (larghezza pari a 3,5 m circa) ed aumenta la profondità dell'incisione (circa 2,5 - 3 m).



**Figura 6-2 - Reticolo idrografico intersecante la linea tra Cantù e Alzate Brianza (scala 1:25.000)**

([https://www.cartografia.servizirl.it/viewer32/index.jsp?config=config\\_RIRU.json](https://www.cartografia.servizirl.it/viewer32/index.jsp?config=config_RIRU.json)).

- La *Roggia Fabbrica Durini* (Figura 6-3) nasce da una sorgente presso cui è stato costruito un antico lavatoio, e costeggiando la zona industriale presente nella piana, si dirige in direzione NE-SW, marcando il confine tra i comuni di Anzano del Parco e Lurago d'Erba. Questa roggia si origina dall'emergenza di falde sospese, sostenute dal potente spessore di depositi glaciolacustri presenti nella piana.

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

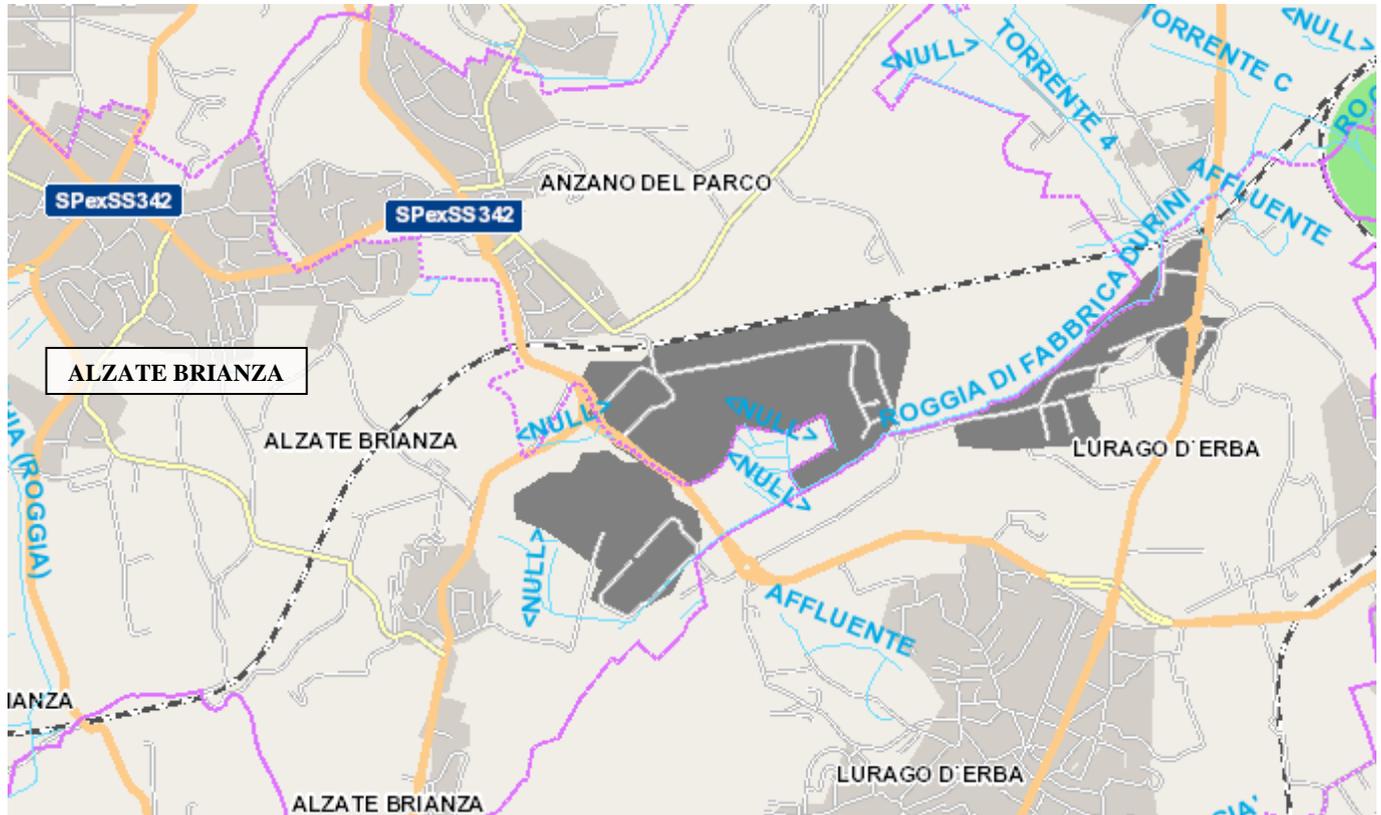
00

R 69 RG

GE 0001 001

B

56 di 166



**Figura 6-3 - Reticolo idrografico intersecante la linea tra Alzate Brianza e Lurago d'Erba (scala 1:25.000)**

([https://www.cartografia.servizirl.it/viewer32/index.jsp?config=config\\_RIRU.json](https://www.cartografia.servizirl.it/viewer32/index.jsp?config=config_RIRU.json)).

- Il *Fiume Lambro* nasce dai monti del gruppo del San Primo (Figura 6-4) (Triangolo lariano), a 944 metri, nell'area di Piano Rancio nel comune di Magreglio poco a nord del Ghisallo. La sorgente del Lambro è di tipo carsico e viene chiamata Menaresta. Il fiume, che riceve il suo primo affluente (il Lambretto) a Lasnigo (le cui sorgenti sono nella conca di Crezzo), attraversa con corso rapido la Valassina fino a Erba, dove si immette nel lago di Pusiano. Qui, nel XIX secolo, venne realizzata una deviazione del fiume denominata "Lambrone" (Lambron in dialetto milanese) per farlo sfociare nel lago di Pusiano. Questa deviazione, insieme a una diga chiamata Cavo Diotti, risulta fondamentale nella regolazione del livello delle acque del medio corso del Lambro, salvando le città (ad esempio Monza) a valle. Il Cavo Diotti è la diga che regola il flusso in uscita dall'ampio bacino del lago di Pusiano (12.750 milioni di metri cubi). A causa delle dimensioni del bacino, la diga (composta da 2 paratie alte circa 70 cm) è classificata di importanza nazionale. Uscito dal lago il fiume riceve da destra l'emissario del lago di Alserio dopodiché bagna il centro di Merone. Da qui scorre con andamento tortuoso ai piedi delle colline moreniche (dove raccoglie le acque di svariati rii, rogge e di laghetti brianzoli) raggiungendo poi la città di Monza. Subito dopo attraversa l'omonimo parco

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

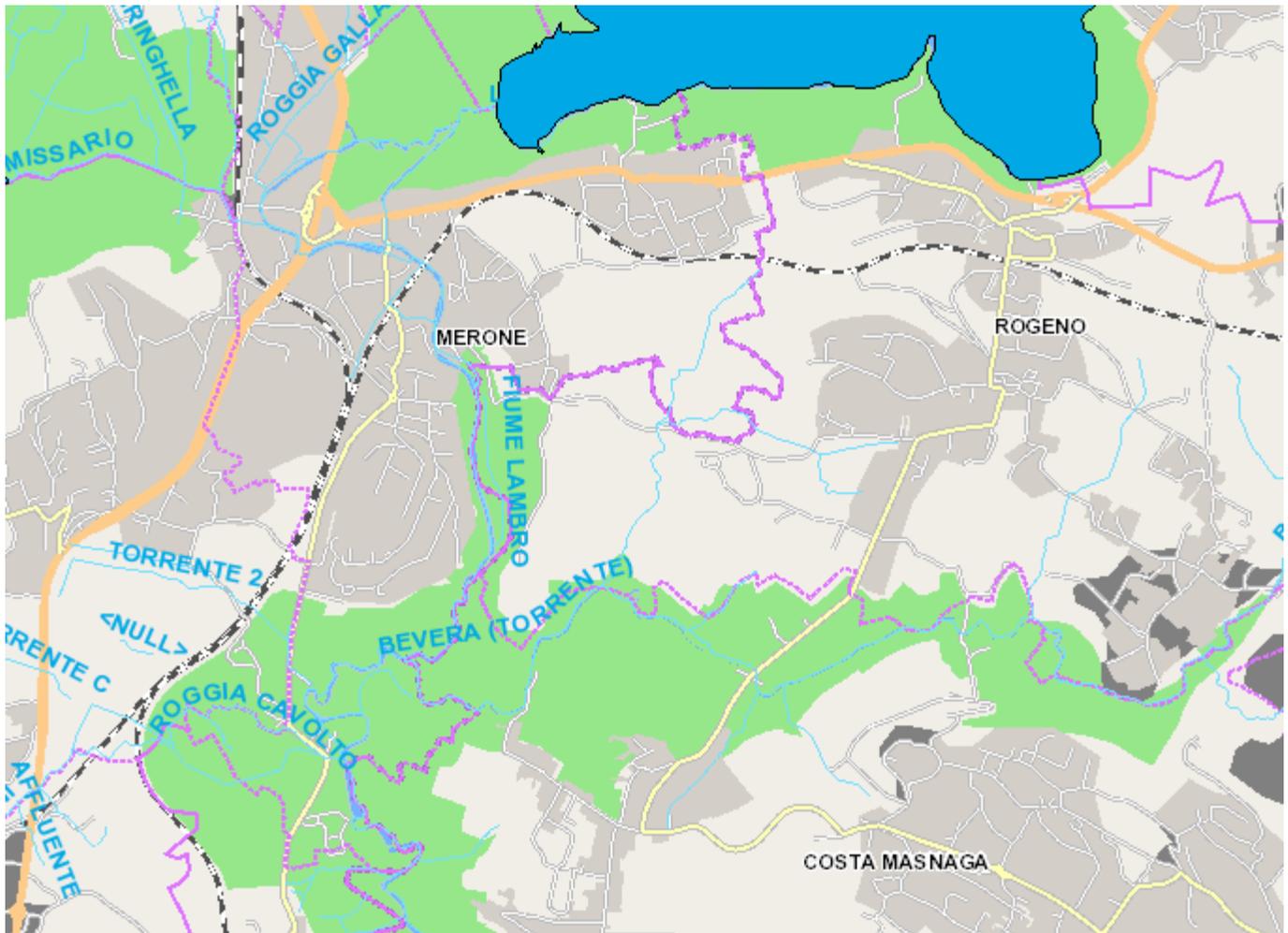
R 69 RG

GE 0001 001

B

57 di 166

dividendosi in due rami per poi riunirsi successivamente, dirigendosi verso sud entrando a Milano. Successivamente, dopo aver ricevuto le acque di diversi colatori che ne accrescono artificialmente la portata attraverso la provincia di Lodi con un corso più lento confluendo infine nel Po.



**Figura 6-4 - Reticolo idrografico intersecante la linea tra Alzate Brianza e Lurago d'Erba (scala 1:25.000)**

([https://www.cartografia.servizirl.it/viewer32/index.jsp?config=config\\_RIRU.json](https://www.cartografia.servizirl.it/viewer32/index.jsp?config=config_RIRU.json)).

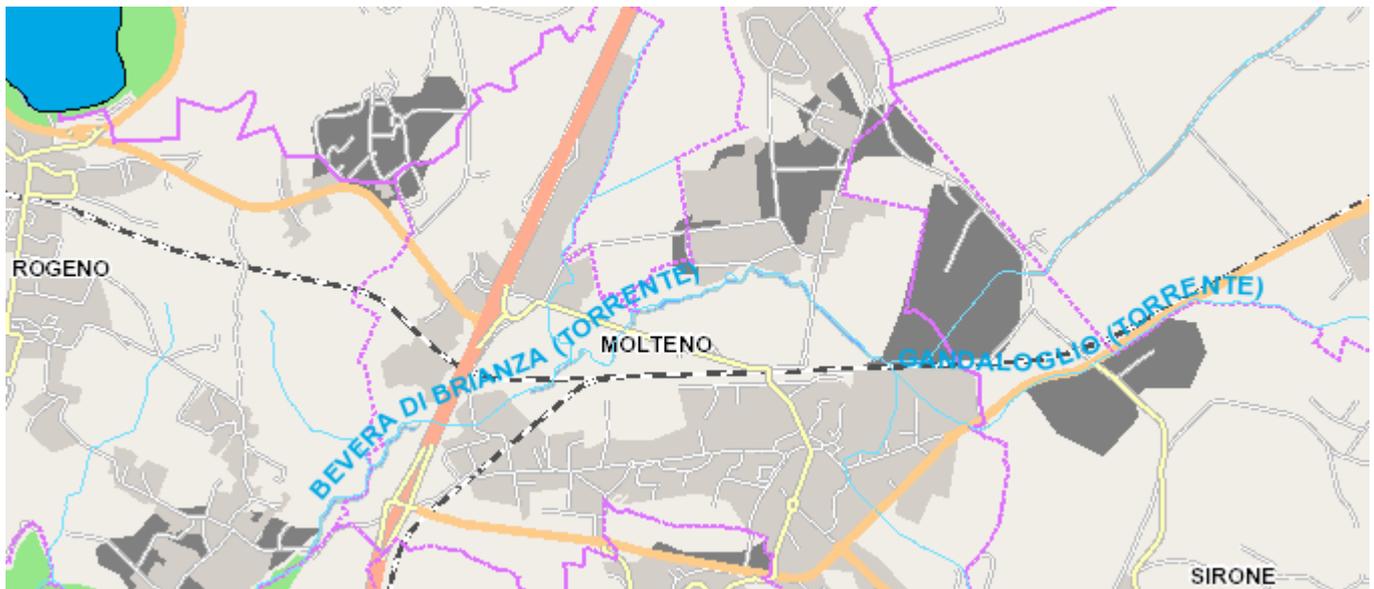
- Il *Torrente Bevera* è un affluente di sinistra del Fiume Lambro nel quale confluisce in prossimità di Baggero (Figura 6-5) (frazione del comune di Merone) dopo un percorso di circa 22 km. A Molteno raccoglie le acque del principale affluente, il Gandaloglio, che nasce in due rami distinti nel comune Galbiate presso le località di Figina e Toscio ed attraversa successivamente i comuni di Ello, Dolzago ed Oggiono. Il suo bacino idrografico si estende per circa 42 km<sup>2</sup>. Si segnala la sua esondazione, in concomitanza di quella del Lambro in occasione dell'alluvione del novembre 2002.

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	58 di 166

- Il *Rio Torto* è un torrente di breve percorso che nasce quale emissario dal lago di Annone (Figura 6-6 e Figura 6-7) (l'unico emissario di questo lago) per gettarsi come immissario nel lago di Como dopo aver attraversato la Valle Magrera., originatosi, forse, nei primi secoli del Medioevo, a seguito di un cataclisma. Nel suo breve corso riceve alcuni immissari, prevalentemente torrenti stagionali che scendono dal Cornizzolo e dal gruppo montuoso dei Corni di Canzo.
- Il *Torrente Caldone* nasce ai piedi del gruppo montuoso del monte Resegone (o Serrada) nel comune di Morterone e dopo aver percorso la Valle dei Merli scende giù nella conca alluvionale di Lecco fino a gettarsi nel Lario; esso ha carattere perenne e la sua portata si presenta sempre abbondante in qualunque mese dell'anno.



**Figura 6-5 - Reticolo idrografico intersecante la linea a Molteno (scala 1:25.000)**

([https://www.cartografia.servizirl.it/viewer32/index.jsp?config=config\\_RIRU.json](https://www.cartografia.servizirl.it/viewer32/index.jsp?config=config_RIRU.json)).

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

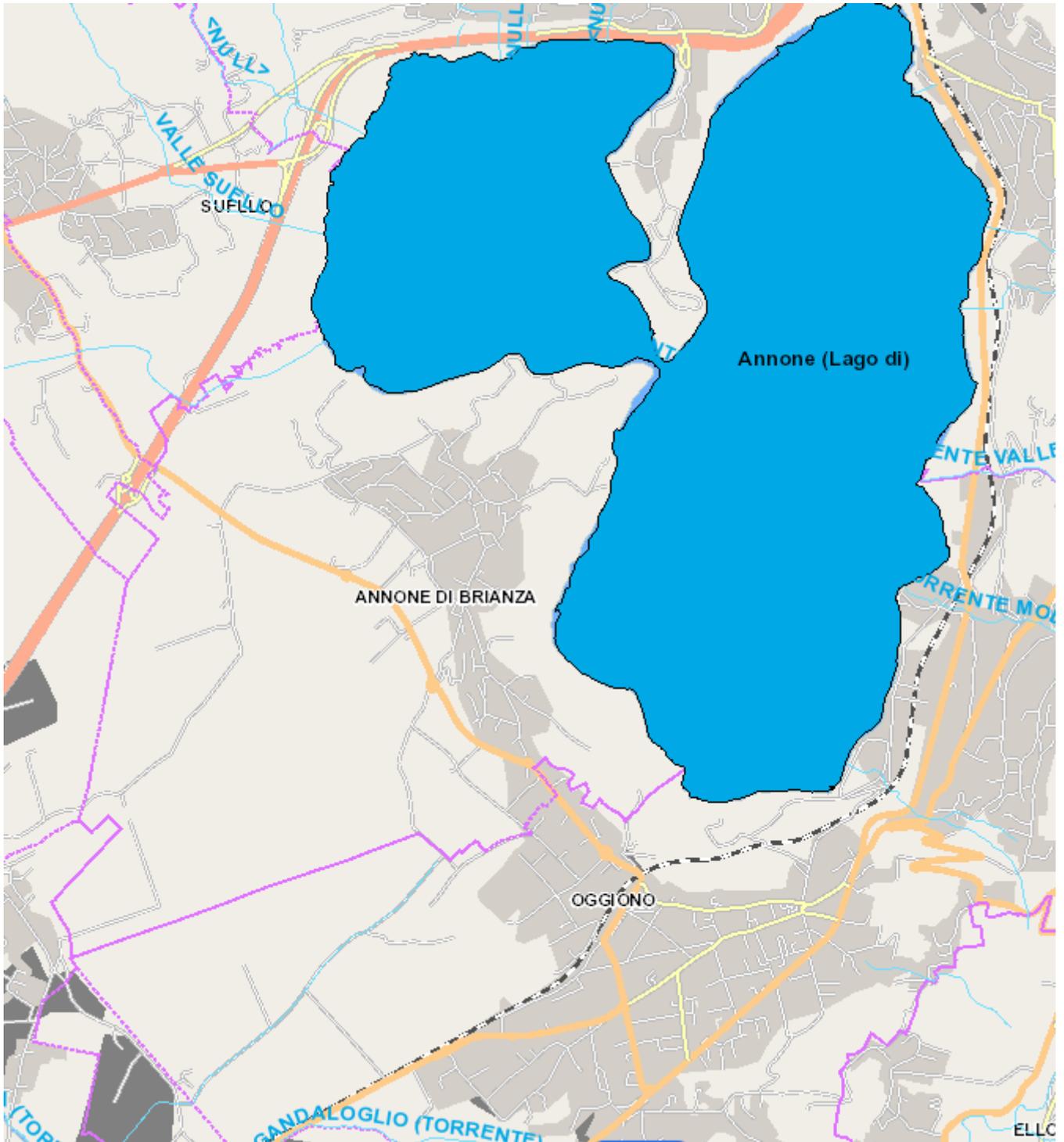
00

R 69 RG

GE 0001 001

B

59 di 166



**Figura 6-6 - Reticolo idrografico intersecante la linea al margine del Lago di Annone (scala 1:25.000)**

([https://www.cartografia.servizirl.it/viewer32/index.jsp?config=config\\_RIRU.json](https://www.cartografia.servizirl.it/viewer32/index.jsp?config=config_RIRU.json)).

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

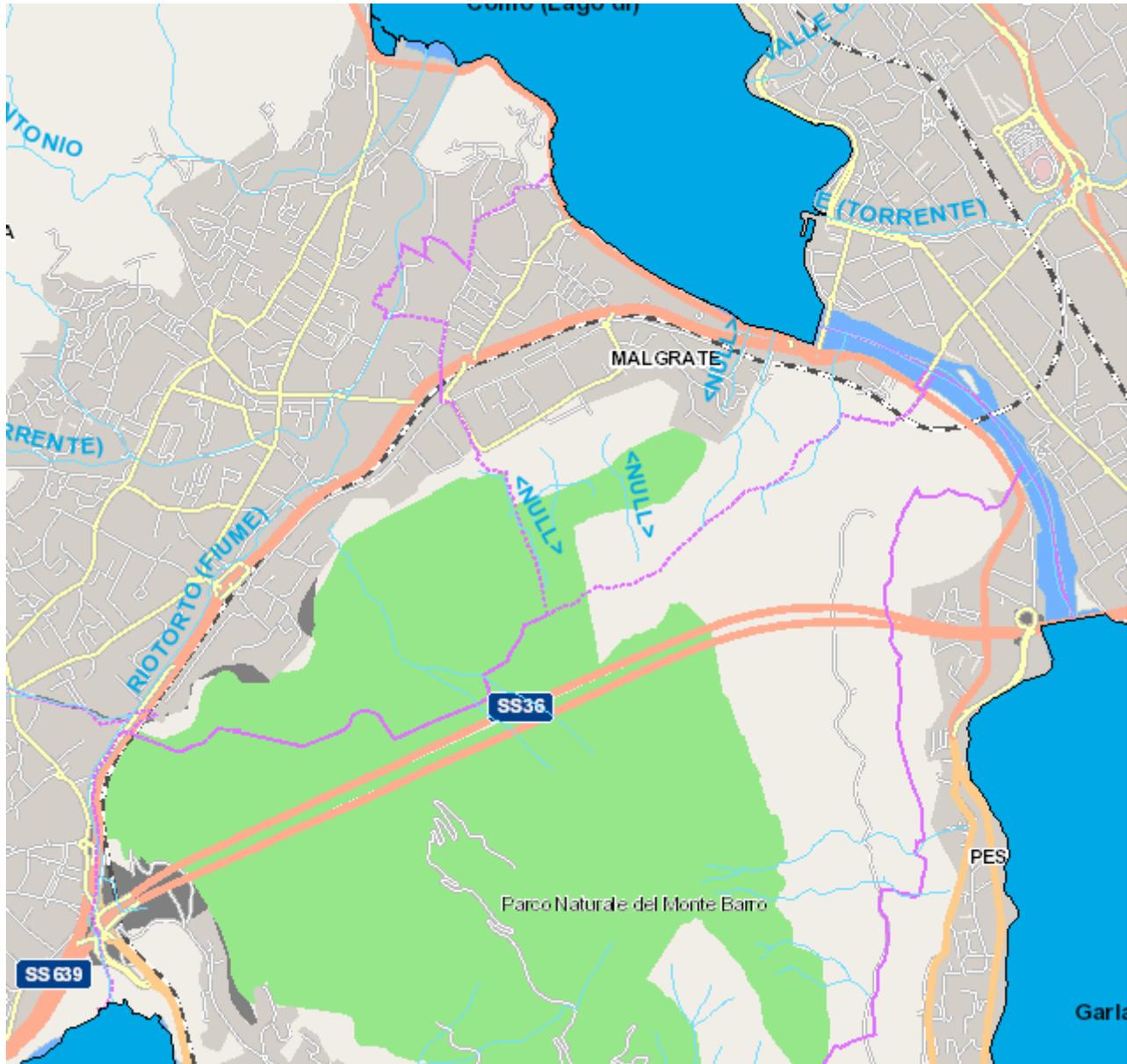
00

R 69 RG

GE 0001 001

B

60 di 166



**Figura 6-7 - Reticolo idrografico intersecante la linea tra Valmadrera e Lecco (scala 1:25.000)**

**([https://www.cartografia.servizirl.it/viewer32/index.jsp?config=config\\_RIRU.json](https://www.cartografia.servizirl.it/viewer32/index.jsp?config=config_RIRU.json)).**

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  61 di 166

## 7 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il Programma di Tutela ed Uso delle Acque di ARPA Lombardia individua nella pianura lombarda le seguenti aree idrogeologiche:

- Zona di ricarica delle falde, corrispondente alle alluvioni oloceniche e ai sedimenti fluvioglaciali pleistocenici nella parte settentrionale della pianura, dove l'acquifero è praticamente ininterrotto da livelli poco permeabili. Quest'area si estende quasi tutta a monte della fascia delle risorgive. Sono queste le aree nelle quali l'infiltrazione da piogge, nevi e irrigazioni, permette la ricarica della prima falda, tramite la quale può pervenire alle falde profonde.
- Zona di non infiltrazione alle falde, sempre nella parte alta della pianura, costituita dalle aree in cui affiora la roccia impermeabile o dove è presente una copertura argillosa (depositi fluvioglaciali del Pleistocene medio antico).
- Zone ad alimentazione mista, nella zona centrale e meridionale della pianura, in cui le falde superficiali sono alimentate da infiltrazioni locali, ma non trasmettono tale afflusso alle falde più profonde, dalle quali sono separate da diaframmi poco permeabili. Quest'area corrisponde alla massima parte della pianura.
- Zona di interscambio tra falde superficiali e profonde, in corrispondenza dei corsi d'acqua principali, soprattutto del fiume Po.

Sulla base di tali individuazioni e in riferimento alle litologie presenti, alla disposizione geometrica nonché ai fenomeni di circolazione idrica sotterranee, sono distinti tre complessi acquiferi principali separati da livelli impermeabili continui ed estesi:

- Acquifero superficiale;
- Acquifero tradizionale;
- Acquifero profondo.

L'identificazione di quattro superfici di discontinuità stratigrafica di estensione regionale, rappresentanti limiti di Sequenze Deposizionali, corrispondenti a delle 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.

Le unità A, B, C, D sono state equiparate a corpi geologici di notevole estensione areale che costituiscono un dominio dello spazio fisico in cui ha sede un sistema idrogeologico distinto. Nel complesso, l'insieme delle unità idrostratigrafiche principali costituisce una successione di corpi sedimentari acquiferi (Gruppi Acquiferi) costituiti a loro volta da corpi sedimentari acquiferi di rango e dimensioni inferiori (Complessi Acquiferi).

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>LC00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 001</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>62 di 166</p>

I Gruppi Acquiferi vengono così distinti:

### ***Gruppo Acquifero A***

Nel Gruppo Acquifero A rientrano le litologie più grossolane; il gruppo è prevalentemente rappresentato da ghiaie e ghiaie grossolane, poligeniche a matrice sabbiosa da media a molto grossolana; sono molto subordinati gli intervalli sabbiosi, con sabbia giallastra, da media a molto grossolana, spesso ciottolosa. Il Gruppo Acquifero A è il primo presente a partire dal piano campagna nella media e bassa pianura e corrisponde alle zone dei fondivalle principali nella zona dell'alta pianura.

### ***Gruppo Acquifero B***

È rappresentato da una successione di sedimenti, costituiti da sabbie medio-grossolane e ghiaie a matrice sabbiosa e caratterizzati da porosità e permeabilità elevate. I sedimenti fini, molto subordinati, sono limitati alla parte bassa della successione con intercalazioni di argilla siltosa e silt di spessore da decimetrico a metrico. Alla base del Gruppo Acquifero B è possibile individuare conglomerati localmente poco cementati ed il Ceppo. Il Gruppo Acquifero B è il primo presente (dal piano campagna) nella zona dell'alta pianura e delle colline moreniche.

### ***Gruppo Acquifero C***

Il Gruppo Acquifero C è costituito da sedimenti marini di piattaforma caratterizzati dalla presenza di: argilla siltosa-sabbiosa grigia fossilifera. Si passa quindi ad ambienti transizionali, prima con un sistema litorale a prevalente sabbia grigia fine e finissima, bioturbata, laminata o massiva, fossilifera, quindi a un sistema deltizio a sabbia grigia, media, classata, laminata, a stratificazione media e spessa, con frustoli vegetali. In alcuni ristretti settori dell'alta pianura e delle colline moreniche, laddove affiorano i depositi più antichi, il Gruppo Acquifero C è il primo che si ritrova dal piano campagna.

### ***Gruppo Acquifero D***

Il Gruppo Acquifero D è rappresentato da una sequenza di facies negativa (Coarsening Upward – CU) caratterizzata da argilla siltosa e silt con intercalazioni di sabbia fine e finissima in strati sottili alla base, sabbia grigia fine e media bioturbata nella parte intermedia e ghiaia poligenica grigia alternata a sabbia nella parte alta.

La suddivisione proposta si presenta a livello preliminare più agevole nella zona di media e bassa pianura, mentre nelle zone di alta pianura terrazzata e collinare la situazione idrogeologica diventa più complessa. In queste aree è possibile che alcuni Gruppi Acquiferi non siano presenti e pertanto i contatti verticali e laterali non seguano la

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  63 di 166

successione completa sopra descritta. Ad esempio, il Gruppo acquifero A può essere assente nelle zone dei terrazzi antichi e presente solo nei fondivalle dei corsi d'acqua principali.

La struttura idrogeologica del territorio lombardo è caratterizzata anche da aree montane con una concentrazione delle risorse delle aree carbonatiche (Monte Orsa-Campo dei Fiori per Varese, Triangolo Lariano e gruppo delle Grigne per le Province di Como e Lecco, Prealpi Bergamasche e Bresciane), con sorgenti anche importanti. Nelle aree a rocce cristalline, che formano l'ossatura dell'arco alpino, invece, le risorse idriche risultano di minore interesse e sono costituite da numerose sorgenti di limitate portate.

Per quanto riguarda l'area di interesse, l'acquifero tradizionalmente captato dalla maggior parte dei pozzi è rappresentato dal sistema monostrato - multifalda (Acquifero tradizionale) la cui base impermeabile è costituita dal "Villafranchiano". Tale acquifero viene normalmente distinto nelle unità idrostratigrafiche:

- I acquifero - Fluvioglaciale Wurm Auct. Si tratta di depositi connessi con l'ultima glaciazione quaternaria dovuti all'accumulo diretto dei materiali trasportati dai ghiacciai (morene) o all'accumulo dei depositi fluvio-glaciali.
- II acquifero - Fluvioglaciale Riss-Mindel/Ceppo Autoctono. Si tratta di 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, noti nella letteratura anche come "Ceppo dell'Adda" sono spesso contenuti all'interno dei solchi vallivi in corrispondenza degli alvei o paleoalvei dei corsi d'acqua, scavati nel Villafranchiano.

L'Assetto idrogeologico del territorio è caratterizzato, oltre che dal sistema monostrato - multifalda (Acquifero tradizionale), anche da un acquifero profondo individuato nelle "Argille sotto il Ceppo" (unità idrostratigrafica "III acquifero"). La formazione, nota nella letteratura come "Villafranchiano", è costituita da una unità limo-sabbio-argillosa che risulta spesso visibile in affioramento in corrispondenza delle incisioni profonde di natura fluviale.

La maggiore significatività idrogeologica, nella fascia pedemontana, è rappresentata dall'unità idrostratigrafica "II acquifero" che, localmente, si presenta in prevalenza con caratteristiche di falda libera ed è quindi sostanzialmente il primo acquifero significativo che si riscontra.

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

64 di 166

UNITA' LITOLOGICHE		UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE		UNITA' STRATIGRAFICHE	ETA'	UNITA' IDROGEOLOGICHE
Mazzarella S. e Martinis B.		Francani V. e Pozzi R.		A.G.I.P.		Avanzini M. et Al.
LITAZONA GHIAIOSO-SABBIOSA	ACQUIFERO TRADIZIONALE	FLUVIOGLACIALE WURM AUCT. (Diluvium recente)	I ACQUIFERO	ALLUVIONE	PLEISTOCENE SUPERIORE	UNITA' GHIAIOSO-SABBIOSA
		FLUVIOGLACIALE RISS-MINDEL AUCT. (Dil. Medio-Antico)	II ACQUIFERO		PLEISTOCENE MEDIO	UNITA' GHIAIOSO-SABBIOSO-LIMOSA
		CEPPO AUCT.				UNITA' A CONGLOMERATI E ARENARIE BASALI
LITAZONA SABBIOSO-ARGILLOSA	ACQUIFERI PROFONDI	VILLAFRANCHIANO	III ACQUIFERO	SABBIE DI ASTI	PLEISTOCENE INFERIORE	UNITA' SABBIOSO-ARGILLOSA (facies continentali e di transizione)
LITAZONA ARGILLOSA					(CALABRIANO)	UNITA' ARGILLOSA (facies marina)

Figura 7-1 Schema idrogeologico e litologico proposto da differenti Autori.

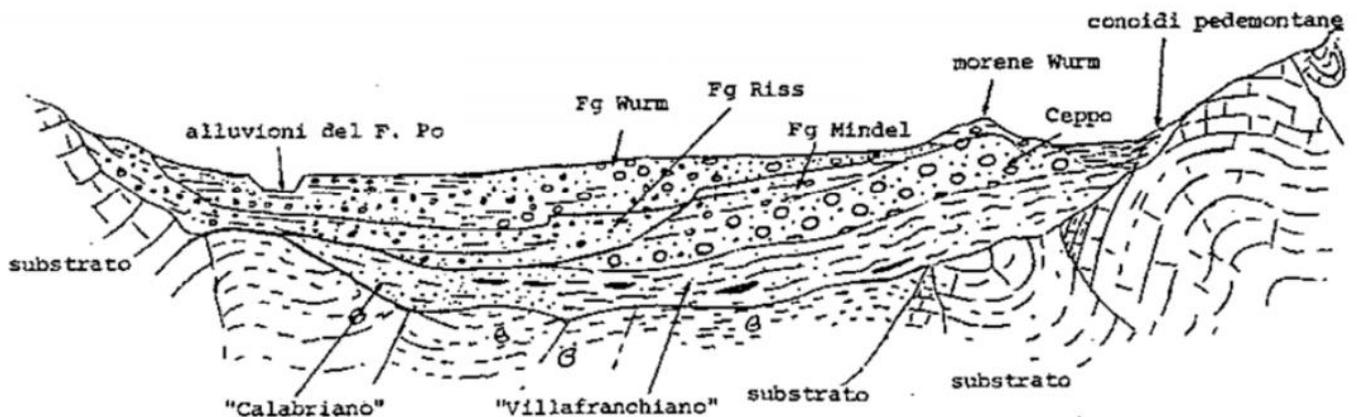


Figura 7-2 Schema geologico delle principali unità che costituiscono la Pianura Padana, secondo l'interpretazione tradizionale (FRANCANI, 1997).

Risulta molto problematico e addirittura riduttivo l'individuazione di punti di monitoraggio che captino i primi trenta metri di acquifero riscontrato, in quanto i pozzi, in particolare quelli pubblici per i quali si hanno in formazioni più complete per la stratigrafia e fenestrazione, vengono perforati per tutto lo spessore dell'acquifero in quanto più produttivi.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  65 di 166

Il I acquifero, decisamente meno rappresentativo su scala regionale, è interessato da pochi punti di captazione, per lo più privati, nel territorio della provincia comasca e concentrati arealmente nelle zone limitrofe ai laghi. Inoltre, lo stesso risulta spesso captato insieme agli acquiferi più profondi oppure i dati esistenti sono frammentari con mancanza di stratigrafie e fenestrate.

È da rimarcare che gli acquiferi collocati nell'area di interesse, ovvero nella porzione di transizione tra la zona collinare e di alta pianura, emerge una complessità idrogeologica di difficile interpretazione. Pertanto, tali strutture acquifere, costituiscono zone preferenziali per la ricarica degli acquiferi ad opera delle acque di infiltrazione (fluviali e meteoriche) e consentono il trasferimento delle acque sotterranee dalle zone pedemontane a quelle di alta e media pianura. Anche pozzi attribuibili allo stesso corpo acquifero (es paleoalveo) possono presentare dati qualitativi tra loro non completamente correlabili, a conferma della complessità idrogeologica locale.

Al fine di identificare le caratteristiche idrogeologiche dell'intera area di progetto si è provveduto a redigere una carta ed un profilo idrogeologico lungo la linea ferroviaria (elaborati LC0000R69L5GE0002001-9A) in cui vengono riportate le caratteristiche di permeabilità dei depositi, le isopieze relative alla falda, la rete idrografica ed i pozzi ad uso idropotabile censiti nell'area.

Per quanto riguarda la superficie piezometrica generale dell'area di studio, al fine di fornirne una sintesi del suo andamento si fornisce qui di seguito una breve descrizione della cartografia idrogeologica allegata ai Piani di Governo del Territorio dei Comuni attraversati alla linea. Si evidenzia come le linee isopieze riportate sulle varie cartografie dei PGT comunali non sempre risultino congruenti tra loro, non andando dunque a formare una superficie di falda uniforme sull'intero territorio sovracomunale qui considerato.

- In Figura 7-3 si riporta uno stralcio della cartografia tematica idrogeologica per il Comune di Como; la tratta in esame interseca le linee isopiezometriche comprese tra 260 e 300 m s.l.m.; nel primo tratto hanno una direzione verso circa NE, successivamente verso S. Sulla base di tali dati, e della cartografia allegata, la superficie di falda si ipotizza ad una profondità variabile tra i 2 e i 10 metri dal piano campagna.
- In Comune di Casnate con Bernate, l'area oggetto di studio è campita nel primo tratto come un'area a potenzialità idrica scarsa o nulla, nel secondo tratto, invece, è segnata la presenza di falde sospese con una bassa soggiacenza con direzione del deflusso della falda circa verso SW.
- In Figura 7-4 si riporta uno stralcio della cartografia idrogeologica del Comune di Cantù. Essa indica come la linea ferroviaria intersechi le linee isopieze comprese tra 260 e 300 m s.l.m.; corrispondenti a valori di soggiacenza variabili dai 60 ai 120 metri da p.c., con direzione prevalente del deflusso della falda NE-SW.

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

66 di 166

- In Figura 7-5 si riporta uno stralcio della cartografia idrogeologica del Comune di Alzate Brianza. Essa indica come la linea ferroviaria intersechi le linee isopieze comprese tra 298 e 308 m s.l.m.; corrispondenti a valori di soggiacenza variabili dai 50 (ad ovest) ai 4 metri (ad est) da p.c., con direzione della falda N-S.
- In Figura 7-6 si riporta uno stralcio della cartografia idrogeologica del Comune di Brenna. Essa indica come la linea ferroviaria sia collocata lungo la quota piezometrica di circa 297 m s.l.m.; corrispondenti a valori di soggiacenza pari a 33 metri da p.c., con direzione prevalente del deflusso della falda N-S.
- In Figura 7-7 si riporta uno stralcio della cartografia idrogeologica del Comune di Anzano del Parco. Essa indica come la linea ferroviaria sia collocata in aree a soggiacenza molto bassa, anche inferiore al metro. Nei territori comunali di Monguzzo e Lurago d'Erba permane la stessa situazione.
- In Figura 7-8 si riporta uno stralcio della cartografia dei vincoli del Comune di Rogeno. Essa indica come la linea ferroviaria intersechi aree caratterizzate da risorgenza superficiale della falda, dunque da bassissima soggiacenza.
- Nel Comune di Valmadrera è descritto un primo acquifero superficiale non protetto alimentato dal Fiume Rio Torto, e la linea ferroviaria interseca la quota piezometrica di circa 220 m s.l.m. con una soggiacenza minima di 1,5 – 2 m s.l.m., con direzione prevalente della falda verso N.
- Nei Comuni di Malgrate e Lecco (Figura 7-9), la falda risulta fortemente influenzata dal Lago di Como; la soggiacenza risulta minima in corrispondenza della costa, andando progressivamente a diminuire verso l'entroterra, con valori dunque variabili.

Analizzando i vari PGT la falda varia da un massimo di 60-120 metri da p.c. nel comune di Cantù, ad un minimo di 1,5 m nel comune di Valmadrera con direzione del flusso prevalente di falda in direzione N-S, tranne nel comune di Valmadrera nella quale si sviluppa in direzione N.

Per quanto riguarda la permeabilità, il tracciato si imposta principalmente su terreni composti da depositi fluvioglaciali e glaciali, con permeabilità variabile tra  $10^{-2}$  e  $10^{-9}$  m/s. Nelle zone di Como affiorano anche formazioni del substrato roccioso con una permeabilità molto bassa (inferiore a  $10^{-8}$  m/s). Nella zona di Lecco affiorano inoltre rocce calcaree con permeabilità variabile sia tra  $10^{-5}$  e  $10^{-9}$  m/s sia tra  $10^{-2}$  e  $10^{-5}$  m/s.

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

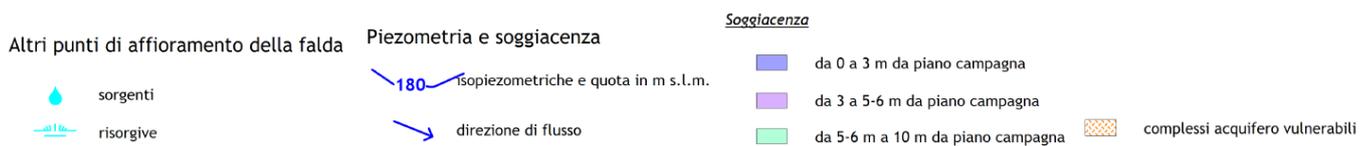
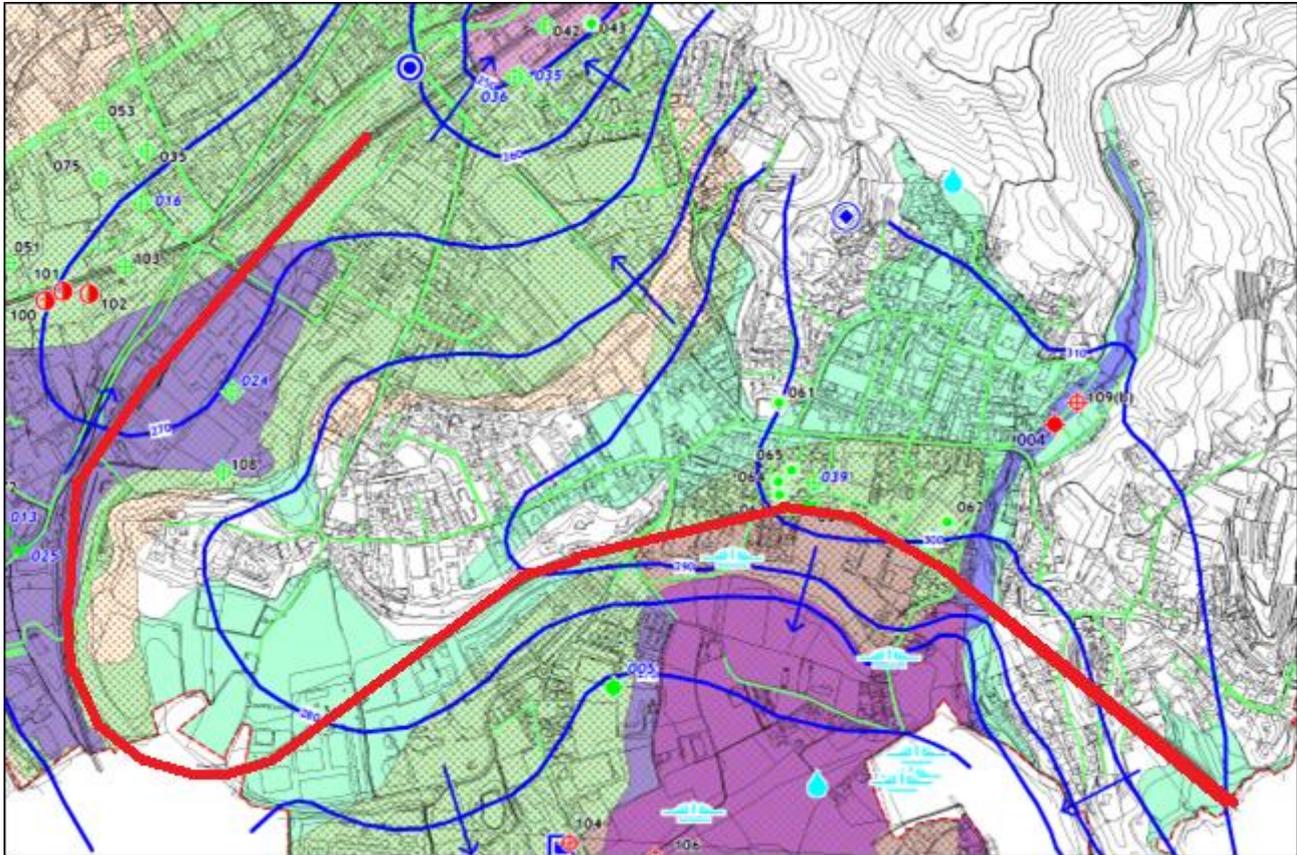
00

R 69 RG

GE 0001 001

B

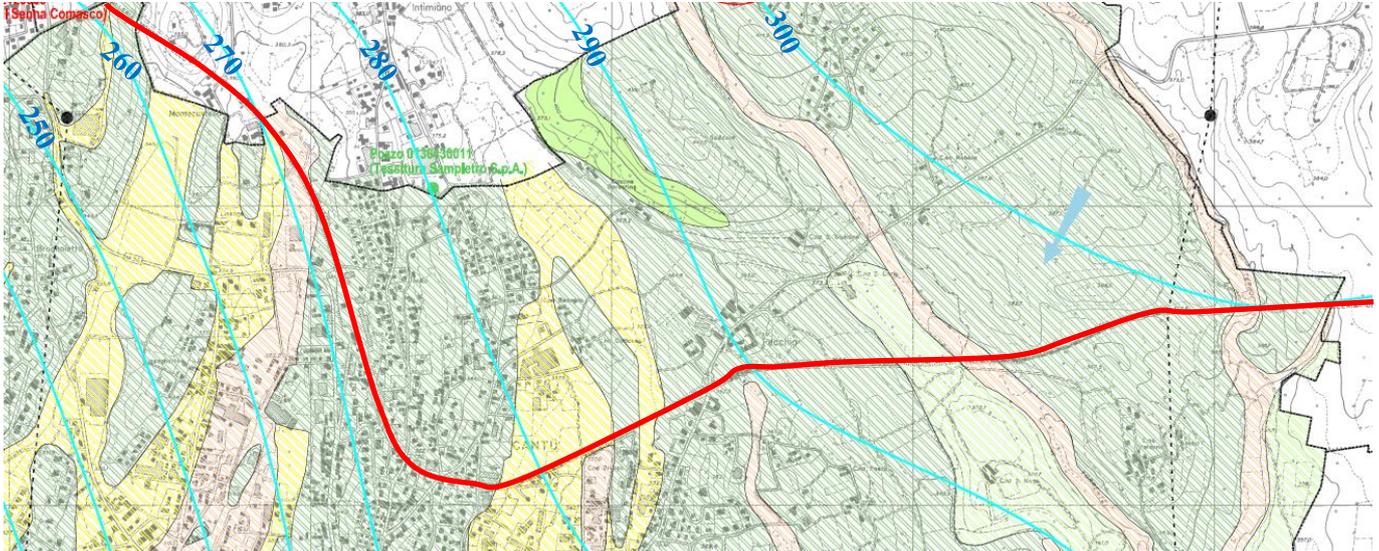
67 di 166



**Figura 7-3 - Stralcio con legenda della Carta delle acque sotterranee del PGT di Como (scala originale 1:10.000), Luglio 2011. In rosso è riportata la linea ferroviaria.**

STUDIO GEOLOGICO  
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

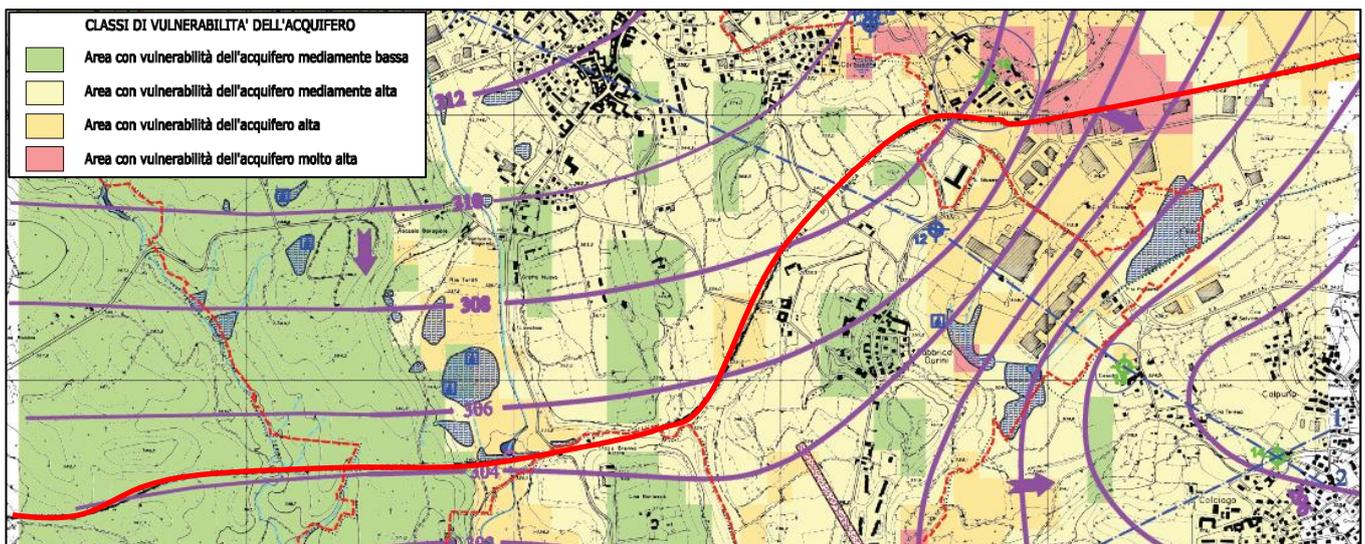
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	68 di 166



Classi di permeabilità			Valore di permeabilità ( $k = m/s$ )	Descrizione
Definizione	Substrato	Coperture		
Molto bassa			$k < 10^{-9}$	Gonfolite Lombarda, Allogruppo del Bozzente
Bassa			$10^{-9} < k < 10^{-5}$	Depositi glaciali e fluvio-glaciali
Discreta			$10^{-5} < k < 10^{-2}$	Fluvio-glaciale alloformazione Cantù
Elevata			$10^{-2} < k < 10^{-1}$	Unità Postglaciale

-  Fascia di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile (D.L. 258/00)
-  Piezometrica e relativa quota s.l.m. (da: "Monitoraggio delle falde acquifere in Provincia di Como" a cura della Amministrazione Provinciale di Como, 1998)
-  Direzione di flusso

**Figura 7-4 - Stralcio con legenda della Carta di inquadramento idrogeologico del PGT di Como (scala originale 1:10.000), Luglio 2006. In rosso è riportata la linea ferroviaria.**

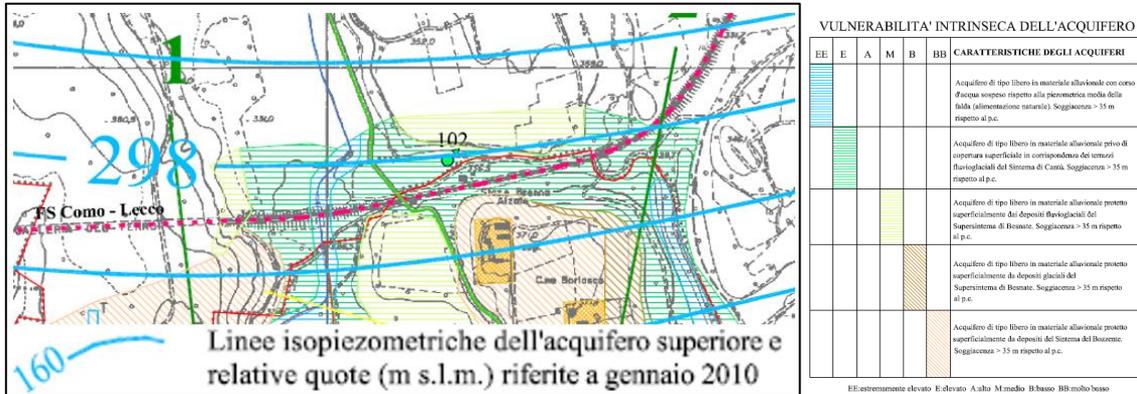


-  Fascia di rispetto dei pozzi captati ad uso idropotabile
-  Isoplezie falda principale (Gennaio 2001)
-  Direzione di flusso falda principale

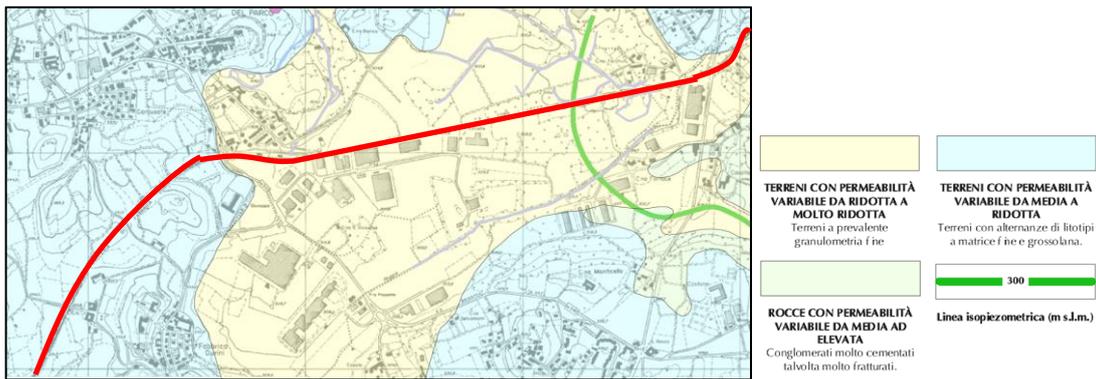
**Figura 7-5 - Stralcio con legenda della Carta di inquadramento idrogeologico del PGT di Alzate Brianza (scala originale 1:10.000), Maggio 2006. In rosso è riportata la linea ferroviaria.**

STUDIO GEOLOGICO  
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

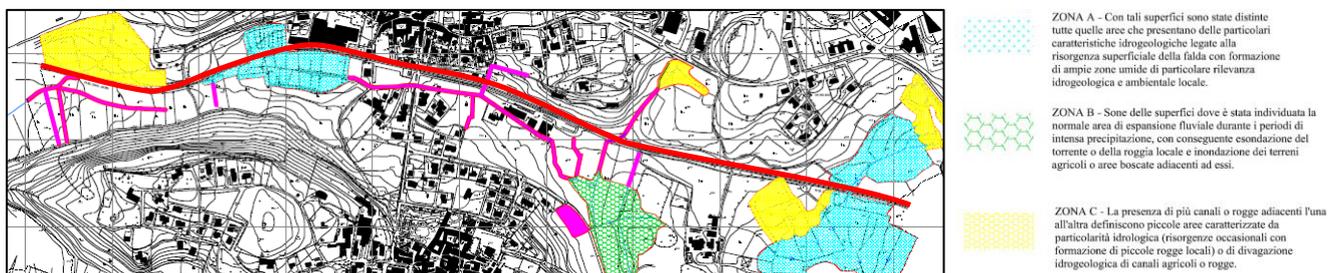
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	69 di 166



**Figura 7-6 - Stralcio con legenda della Carta dell'idrogeologia del PGT di Brenna (scala originale 1:10.000), Aprile 2011. In rosso è riportata la linea ferroviaria.**



**Figura 7-7 - Stralcio con legenda della Carta dell'idrogeologia del PGT di Anzano del Parco (scala originale 1:10.000), Marzo 2010. In rosso è riportata la linea ferroviaria.**



**Figura 7-8 - Stralcio con legenda della Carta dei Vincoli del PGT di Rogeno (scala originale 1:5.000), Marzo 2010. In rosso è riportata la linea ferroviaria.**

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

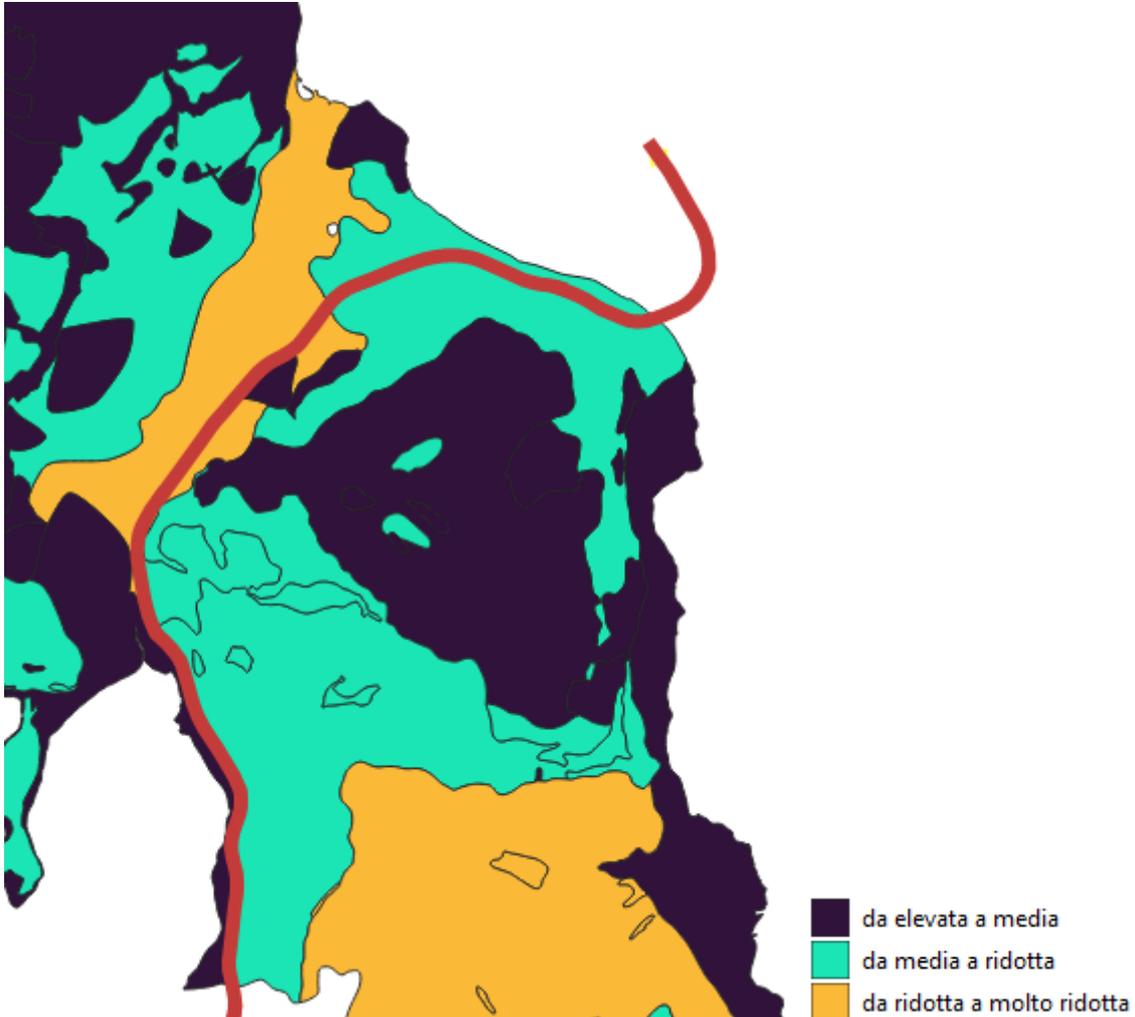
00

R 69 RG

GE 0001 001

B

70 di 166



**Figura 7-9 – Stralcio con legenda della Carta delle permeabilità (Geoportale Regione Lombardia) nel quale ricade una piccola parte del tracciato (in rosso).**

In aggiunta, in data 21 luglio 2022 e a partire da gennaio 2023, è stata eseguita una campagna di misura di soggiacenza nei pozzi attrezzati a piezometro; i dati sono riportati in Tabella 7-1.

**Tabella 7-1 - Misure di quota della falda in metri da bocca pozzo.**

Sondaggio	Tipo di piezometro	Tratto fenestrato (m da b.p.)	Misura in corso di perforazione (m da b.p.)	Sogg. (m da b.p.) 21/07/2022	Sogg. (m da b.p.) 28/01/2023
S1 IV	T. A.	3.00-40.00	12,64	13,20	13,25
S2 GA bis	T. A.	0.00-18.00	9,60	9,30	<i>n.d.</i>
S4 IV	T. A.	3.00-30.00	6,38	8,56	7,85
S5 GA	T. A.	3.00-45.00	13,00	13,80	<i>n.d.</i>

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	71 di 166

Sondaggio	Tipo di piezometro	Tratto fenestrato (m da b.p.)	Misura in corso di perforazione (m da b.p.)	Sogg. (m da b.p.) 21/07/2022	Sogg. (m da b.p.) 28/01/2023
S6 GA bis	T. A.	3.00-30.00	19,50	21,77	<i>n.d.</i>
S7 RI	T. A.	9.00-27.50	+2,20 (in pressione da -27,5 m da p.c.)	11,21	<i>n.d.</i>
S8 GA	T. A.	3.00-30.00	13,60	14,00	<i>n.d.</i>
S9 GA	T. A.	0.00-30.00 cieco DH	16,50	13,33	<i>n.d.</i>
S10 IV	T. A.	3.00-30.00	4,70	5,50	4,18
S12 GA	T. A.	3.00-45.00	35,10	37,44	<i>n.d.</i>
S13 IV	T. A.	3.00-40.00	25,60	33,36	<i>n.d.**</i>
S14 GA	T. A.	3.00-30.00	14,80	assente	<i>n.d.</i>
S15 GA	T. A.	3.00-30.00	8,40	9,80	<i>n.d.</i>
S16 RI	T. A.	3.00-25.00	9,50	10,20	<i>n.d.**</i>
S17 IV	T. A.	3.00-30.00	12,50	13,39	12,85
S19 IV	T. A.	3.00-40.00	2,40	0,36	0,20
S21 IV	T. A.	3.00-40.00	5,60	5,78	5,02
S23 GA	T. A.	3.00-30.00	18,00	21,93*	<i>n.d.**</i>
S24 IV	T. A.	3.00-40.00	5,00	4,02*	2,70
S25 GA	T. A.	3.00-27.00	assente	18,86*	<i>n.d.</i>
S26 IV	T. A.	3.00-40.00	14,10	8,37*	7,26
S27 IV	T. A.	3.00-40.00	24,40	26,71*	26,46
S29 GA	T. A.	3.00-30.00	12,70	13,05*	<i>n.d.</i>
S31 IV	T. A.	3.00-30.00	2,73	2,72	<i>n.d.</i>

\* misura non effettuata in data 29/07/2022, considerata prossima al 21/07/2022.

\*\* misura non disponibile in quanto il piezometro non era accessibile.

*n.d.* misura non disponibile.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  72 di 166

## 7.1 VALUTAZIONE DEL CICLO IDROGEOLOGICO DELLA FALDA

Ai fini del presente studio risulta importante analizzare le variazioni della falda freatica presente negli areali di studio, in modo da identificarne il ciclo idrogeologico annuale (“anno idrogeologico”), definendo quindi le fasi di piena, di magra e di morbida. Per fare ciò si prendono in considerazione i dati resi disponibili da ARPA Lombardia per la provincia di Como e Lecco, ed in particolare il “Il Rapporto annuale 2012 sullo stato delle acque sotterranee della Provincia di Como” e il “Il Rapporto annuale 2012 sullo stato delle acque sotterranee della Provincia di Lecco”. Tali rapporti contengono utili informazioni inerenti alla rete di pozzi e piezometri dislocati sul territorio comasco e lecchese e periodicamente oggetto di monitoraggio qualitativo/quantitativo da parte di ARPA Lombardia. Qui di seguito vengono stralciati in particolare alcuni dei grafici riassuntivi riportati nel rapporto (da Figura 7-10 a Figura 7-13) relativi ai dati piezometrici di alcuni dei punti più significativi per le aree oggetto del presente studio, ed analizzati in modo da ricavare un’interpretazione in merito, come sopra accennato, all’anno idrogeologico della falda.

- Pozzo PO013029NU0003 di Brenna: sulla base dei dati riportati nel grafico in Figura 7-10 è possibile osservare a partire dal primo semestre del 2011 un trend decrescente, che tende a stabilizzarsi nel corso del 2012 ad una quota inferiore quella registrata nel 2009.
- Pozzo PO0130410U0006 di Cantù: sulla base dei dati riportati nel grafico in Figura 7-11 è possibile osservare a partire dal secondo semestre del 2011 un trend decrescente, che tuttavia si stabilizza nel corso del 2012 ad una quota superiore a quella registrata nel 2009.
- Pozzo PO013136NU0001 di Lurago d’Erba: sulla base dei dati riportati nel grafico in Figura 7-12 è possibile osservare, come per il pozzo di Brenna, presentano a partire dal primo semestre del 2011 un trend decrescente, che tende a stabilizzarsi nel corso del 2012 ad una quota inferiore quella registrata nel 2009.
- Piezometro PO097026NR0001 di Costa Masnaga (Comune a sud di Rogeno): sulla base dei dati riportati nel grafico in Figura 7-13 è possibile osservare come la falda, dal gennaio 2011 a tutto il 2012, ha avuto un trend in leggero abbassamento, passando da -34 a -38 m da p.c. Il periodo più critico dall’avvio del monitoraggio è stato registrato nel 2006-2007, quando la falda ha raggiunto i -40 m ca da p.c. Il dato ritenuto significativo è il livello statico del marzo '91, anno di realizzazione del piezometro, -29 m da p.c. È evidente anche questo caso un abbassamento considerevole della profondità della falda.

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

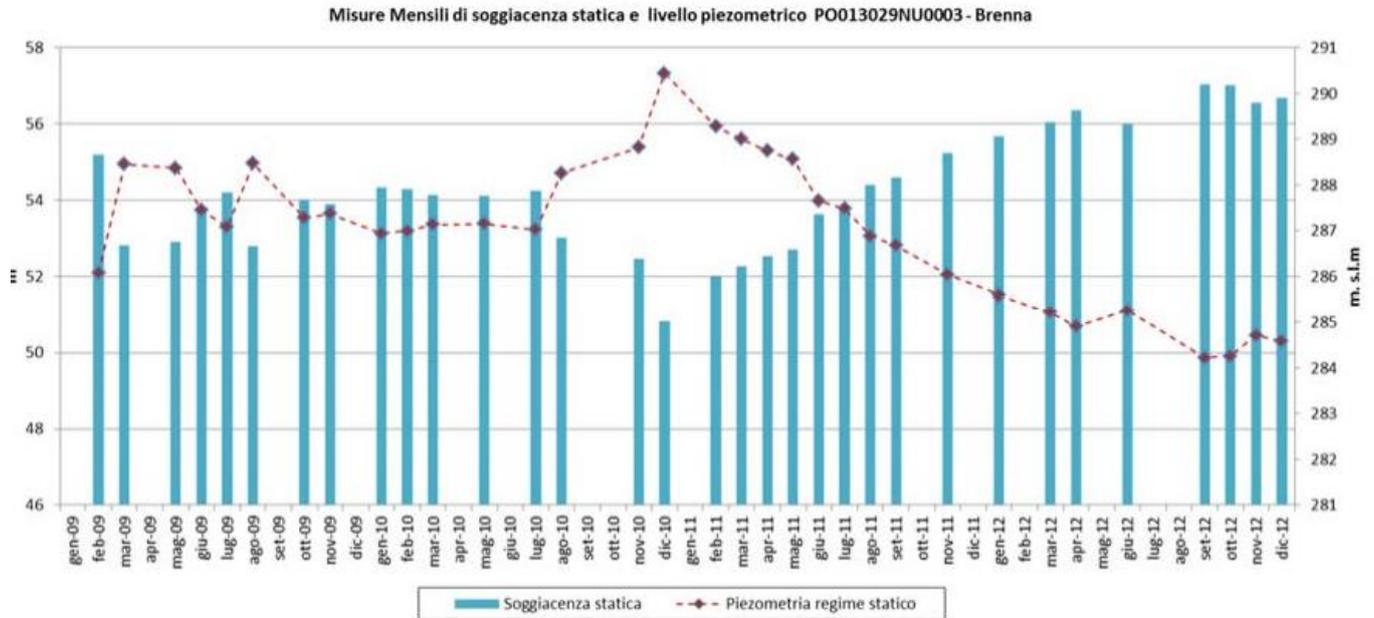
00

R 69 RG

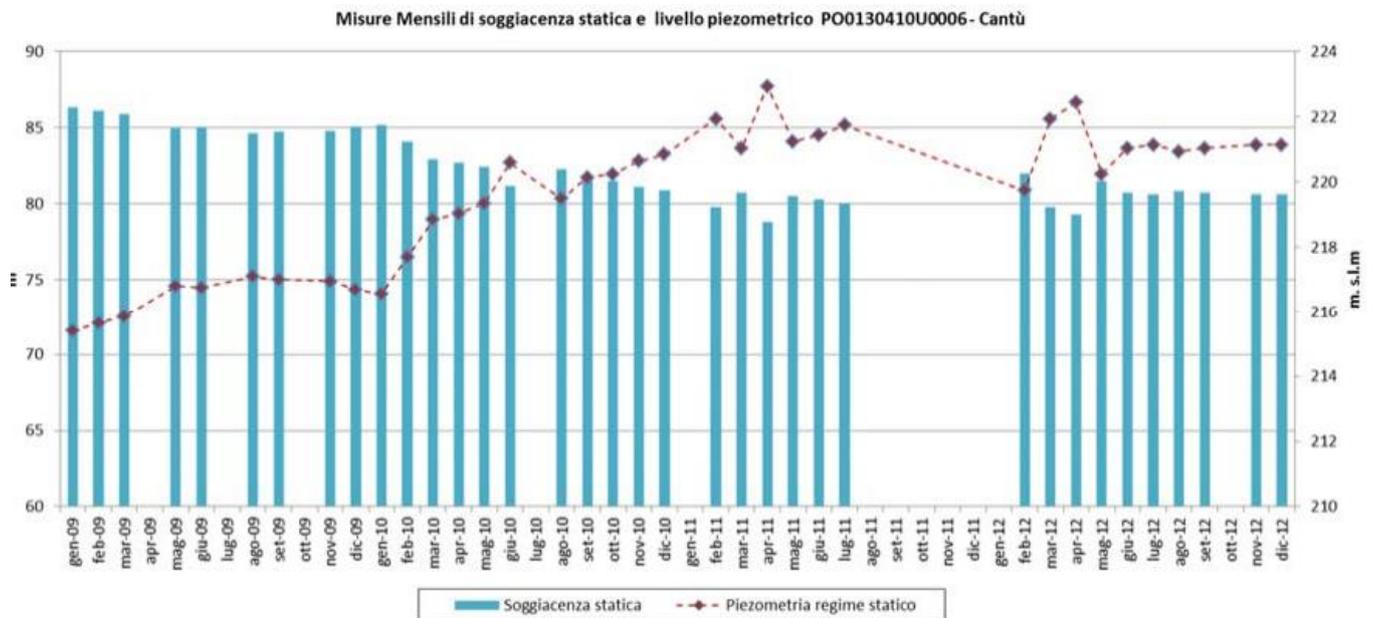
GE 0001 001

B

73 di 166



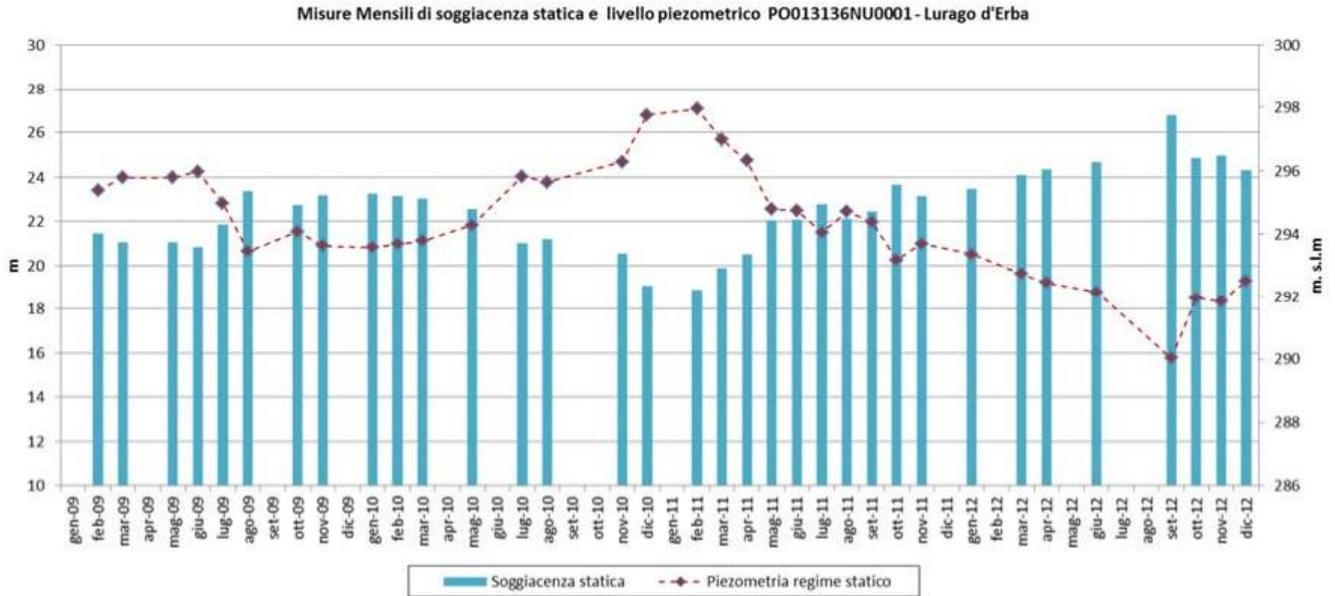
**Figura 7-10 - Misure piezometriche rese disponibili da ARPA Lombardia relative al pozzo PO013029NU0003 di Brenna per il periodo da gennaio 2009 a dicembre 2012.**



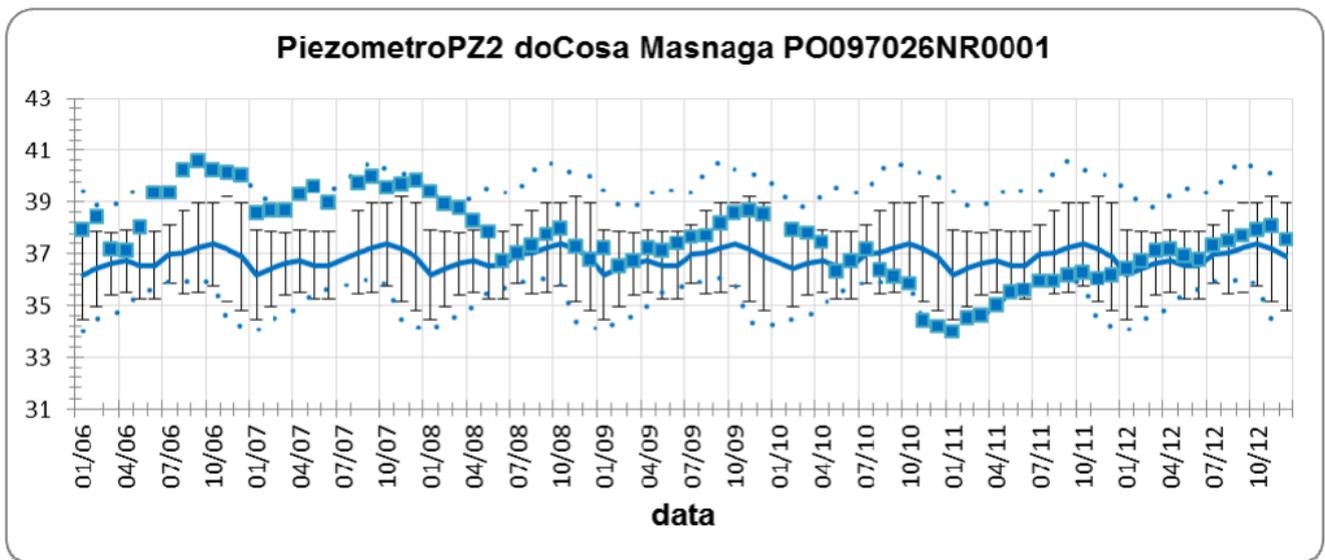
**Figura 7-11 - Misure piezometriche rese disponibili da ARPA Lombardia relative al pozzo PO0130410U0006 di Cantù per il periodo da gennaio 2009 a dicembre 2012.**

STUDIO GEOLOGICO  
 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	74 di 166



**Figura 7-12 - Misure piezometriche rese disponibili da ARPA Lombardia relative al pozzo PO013136NU0001 di Lurago d'Erba per il periodo da gennaio 2009 a dicembre 2012.**



**Figura 7-13 - Misure piezometriche rese disponibili da ARPA Lombardia relative al piezometro PO097026NR0001 di Costa Masnaga per il periodo da gennaio 2006 a dicembre 2012.**

Sulla base dei dati sopra esposti dunque, anche se tali dati non risultano completamente uniformi probabilmente a causa di condizioni locali (regime di emungimento dei pozzi, regime delle precipitazioni) è possibile affermare che

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  75 di 166

alla scala stagionale le variazioni dei livelli piezometrici mostrano una ciclicità connessa probabilmente all'apporto legato alla pratica irrigua, effettuata tra maggio-giugno ed agosto, con conseguente massimo piezometrico tra fine agosto e settembre, e al contributo delle precipitazioni che indicano due periodi di massima ad aprile-maggio e ad ottobre-novembre.

È possibile dunque definire un regime di piena della falda nel periodo tardo-estivo – inizio autunnale, ed un periodo di magra nel periodo invernale o tardo invernale. Considerate le caratteristiche dell'area della linea ferroviaria Albate-Molteno-Lecco, ci si aspetta un contributo minore degli apporti legati alla pratica irrigua rispetto ad aree agricole di pianura, mentre risulteranno più influenti gli apporti delle precipitazioni che alimentano la falda.

## 7.2 VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI

Per vulnerabilità degli acquiferi si intende la suscettibilità dell'acquifero ad assorbire elementi inquinanti provenienti dalla superficie per infiltrazione. La valutazione della vulnerabilità richiede la conoscenza dettagliata di diversi elementi: le geometrie ed i parametri idraulici delle unità costituenti il sottosuolo; i meccanismi di alimentazione delle falde; i processi di interscambio tra l'inquinante, il non saturo, l'acquifero e le falde. Trattandosi di elementi non sempre di facile acquisizione e la cui importanza può essere variamente stimata, alcuni autori hanno proposto metodologie di calcolo basate su pochi parametri significativi.

Solamente alcuni Comuni hanno redatto, all'interno del loro Piano di governo del territorio, una cartografia della vulnerabilità dell'acquifero. Laddove è stata fatta una valutazione, sono state utilizzate diverse metodologie, tra cui DRASTIC (Aller et al., 1985) (Alzate Brianza), VAZAR (Civita, 1987) (Brenna e Anzano del Parco) oppure una semplice valutazione qualitativa considerando le caratteristiche dell'acquifero e la copertura litologica (Como e Valmadrera).

Nella maggior parte dei casi è stata effettuata una sola valutazione delle aree a più alto rischio idrogeologico: aree a bassa soggiacenza della falda, aree ad alta permeabilità dei terreni fluvioglaciali ed aree con emergenze idriche.

Dalle analisi eseguite è risultato, tendenzialmente per buona parte l'area di interesse, un grado di vulnerabilità dell'acquifero superficiale elevato a causa della presenza della falda a bassa profondità, impostata all'interno di depositi grossolani a permeabilità elevata.

Ad esempio, nel comune di Lecco, l'area di Albate è stata classificata come vulnerabilità molto alta (MA). La scarsa soggiacenza dell'acquifero risulta essere il fattore determinante il giudizio negativo sulla sua vulnerabilità.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  76 di 166

Nel comune di Alzate Brianza, la linea ferroviaria interseca dapprima nel settore occidentale, terreni a vulnerabilità mediamente bassa caratterizzati da depositi a permeabilità medio-bassa e rilevato di diverse decine di metri rispetto alle piane circostanti. Lungo le aree pianeggianti o depresse del settore centro-meridionale ed orientale dell'area in studio si osservano le condizioni maggiori di vulnerabilità, che è da alta a molto alta. Tali valori sono determinati principalmente dalla bassa o bassissima soggiacenza della falda, dal basso gradiente topografico che permette l'infiltrazione di eventuali inquinanti e talora dall'elevato valore di permeabilità dei depositi.

Nel comune di Brenna, interessato solo marginalmente a nord dal tracciato ferroviario, si individua nell'area di interesse una vulnerabilità elevata (E) in corrispondenza degli affioramenti del Sintema di Cantù: acquifero libero in materiale alluvionale protetto superficialmente da depositi fluvio-glaciali del Sintema di Cantù. Soggiacenza superiore a 35 m.

Nel comune di Anzano del Parco, è stata fatta una classificazione in funzione della permeabilità delle litologie più superficiali. La linea ferroviaria interseca zone a vulnerabilità bassa-media (coincidono con gli ambiti d'affioramento del basamento marnoso della Scaglia variegata e dei depositi morenici caratterizzati da un'elevata eterogeneità granulometrica).

Nel comune di Oggiono il tracciato ferroviario interseca sia aree a bassa soggiacenza della falda, sia aree ad alta vulnerabilità degli acquiferi: sono le aree caratterizzate da terreni di origine fluvio-glaciale che presentano una permeabilità da media ad elevata in funzione delle dimensioni del materiale e della eterogeneità dello stesso (scarsità di materiale fine nella matrice).

Nel comune di Valmadrera si distinguono aree con grado di vulnerabilità medio-elevato dove affiorano i depositi di debris-flow, in relazione anche alla presenza di altri depositi superficiali più fini, coperture vegetali e impermeabilizzazioni, e dove affiora la Dolomia Principale al di sopra delle aree urbanizzate.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p align="center"><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>LC00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 001</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>77 di 166</p>

## 8 CARTOGRAFIA DEL RISCHIO E VINCOLI TERRITORIALI

Per la valutazione della pericolosità geomorfologica e dei vincoli territoriali sono state consultate le varie cartografie tematiche disponibili dagli enti competenti.

### 8.1 RISCHIO GEOMORFOLOGICO

In tema di dissesto idrogeologico e pericolosità da frana si è consultato il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) approvato dall'Autorità di Bacino del fiume Po con D.P.C.M. 24/05/2001, e le successive modifiche.

Per l'area di intervento, sono cartografati dissesti quiescenti ed attivi marginali alla linea ferroviaria o prospicienti alla stessa.

Come osservabile dalla cartografia del PAI, i cui stralci sono riportati nelle Figura 8-2 - Figura 8-8, la tratta è interessata da corpi franosi presso la località Borlasco, nel comune di Brenna, in comune di Oggiono e nelle sue località Imberido e Rossa, presso la località Saideno in comune di Galbiate e nei comuni di Valmadrera, Malgrate e nuovamente Galbiate.

<b>Dissesti poligonali</b>		<b>Aree RME vigenti</b>	
	FRANE: Area di frana attiva (Fa)/Modifiche e integrazioni		Frane: Zona 1
	FRANE: Area di frana quiescente (Fq)/Modifiche e integrazioni		Frane: Zona 2
	FRANE: Area di frana stabilizzata (Fs)/Modifiche e integrazioni		Esondazioni: Zona 1
	ESONDAZIONI: Area a pericolosità molto elevata (Ee)/Modifiche e integrazioni		Esondazioni: Zona 2
	ESONDAZIONI: Area a pericolosità elevata (Eb)/Modifiche e integrazioni		Esondazioni: Zona I
	ESONDAZIONI: Area a pericolosità media o moderata (Em)/Modifiche e integrazioni		Esondazioni: Zona B-Pr
	CONOIDI: Area di conoide attivo non protetta (Ca)/Modifiche e integrazioni		Conoidi: Zona 1
	CONOIDI: Area di conoide attivo parzialmente protetta (Cp)/Modifiche e integrazioni		Conoidi: Zona 2
	CONOIDI: Area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta (Cn)/Modifiche e integrazioni		

**Figura 8-1 – Legenda della cartografia PAI vigente dei dissesti.**

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

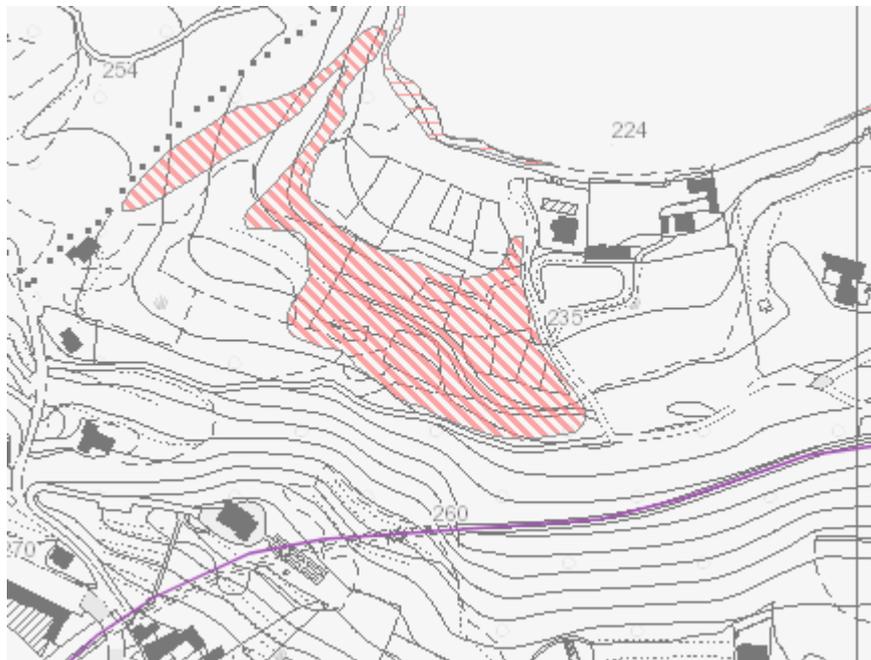
B

78 di 166



**Figura 8-2 – Stralcio della cartografia PAI vigente dei dissesti, scala 5.000. In viola è indicata la linea ferroviaria.**

**Ubicazione: loc. Borlasco.**



**Figura 8-3 – Stralcio della cartografia PAI vigente dei dissesti, scala 5.000. In viola è indicata la linea ferroviaria.**

**Ubicazione: Oggiono.**

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

79 di 166



**Figura 8-4 – Stralcio della cartografia PAI vigente dei dissesti, scala 5.000. In viola è indicata la linea ferroviaria.**

**Ubicazione: ovest di Imberido.**



**Figura 8-5 – Stralcio della cartografia PAI vigente dei dissesti, scala 5.000. In viola è indicata la linea ferroviaria.**

**Ubicazione: località Rossa.**

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

80 di 166



**Figura 8-6 – Stralcio della cartografia PAI vigente dei dissesti, scala 5.000. In viola è indicata la linea ferroviaria.  
Ubicazione: località Saideno.**



**Figura 8-7 – Stralcio della cartografia PAI vigente dei dissesti, scala 10.000. In viola è indicata la linea ferroviaria.  
Ubicazione: Valmadrera.**

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

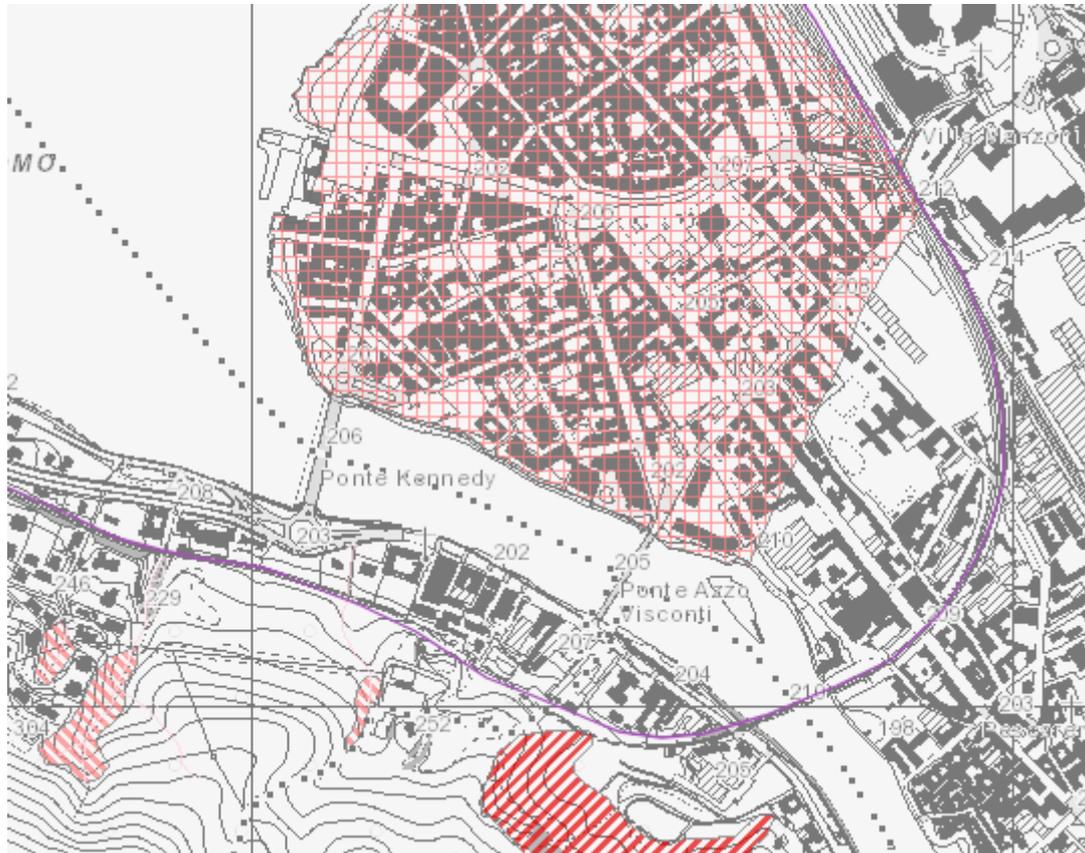
00

R 69 RG

GE 0001 001

B

81 di 166



**Figura 8-8 – Stralcio della cartografia PAI vigente dei dissesti, scala 10.000. In viola è indicata la linea ferroviaria.**

**Ubicazione: Lecco.**

Presso la località Borlasco, comune di Brenna, è cartografata un'area di frana quiescente, instaurata su depositi glaciali.

Presso l'abitato di Oggiono, è stato individuato anche in questo caso un corpo di frana quiescente; quest'ultimo, è situato a circa 50 m più a nord e ad un livello morfologico inferiore.

Proseguendo verso Lecco, ad ovest di Imberido, è cartografata una frana quiescente, con un lembo ritenuto attivo, che ha dato origine ad un'area di conoide attivo in corrispondenza della linea ferroviaria. Da un'attenta analisi, si nota come il dissesto sia concentrato nella valle di un torrente minore, la quale risulta particolarmente incisa (Figura 8-9 e Figura 8-10). Dalla consultazione del portale cartografico IFFI Inventario Fenomeni Fransosi in Italia, tale valle risulta interessata da colamento rapidi. Un corpo di frana attiva, di modesta entità, è individuata poco più a nord.

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

82 di 166



**Figura 8-9 – Vista aerea tridimensionale dell'area località Borlasco, comune di Brenna.**



**Figura 8-10 – Vista aerea tridimensionale dell'area località Imberido, comune di Oggiono.**

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

83 di 166

Presso la località Rossa, al margine tra il comune di Oggiono e di Galbiate, sono presenti dei corpi franosi classificati come attivi. Tali risultano instaurati, e probabilmente alimentati, da due torrenti minori e dal Torrente Valle Grossa, e sono situati a circa 60 m più a monte. Anche in questo caso, dalla consultazione del portale cartografico IFFI Inventario Fenomeni Franosi in Italia, questi possono dare origine a colamenti rapidi. La frana originata dal Torrente Valle Grossa, in parte cartografata come stabile, ha originato ad ovest della ferrovia un conoide detritico, classificato in parte attivo ed in parte non attivo.

Presso la località Saideno, in comune di Galbiate, è presente un corpo di frana stabilizzato, per la cui ubicazione viene riportata un'immagine satellitare in Figura 8-11.



**Figura 8-11 – Vista aerea tridimensionale dell'area località Saideno, comune di Galbiate.**

In comune di Valmadrera, la ferrovia attraversa un'area densamente urbanizzata dominata da conoidi originatesi per colamenti rapidi e tutt'oggi stabilizzati. Dissesti franosi sono individuabili a sud dell'opera, lungo i versanti rocciosi ma ad una distanza significativa (Figura 8-12).

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

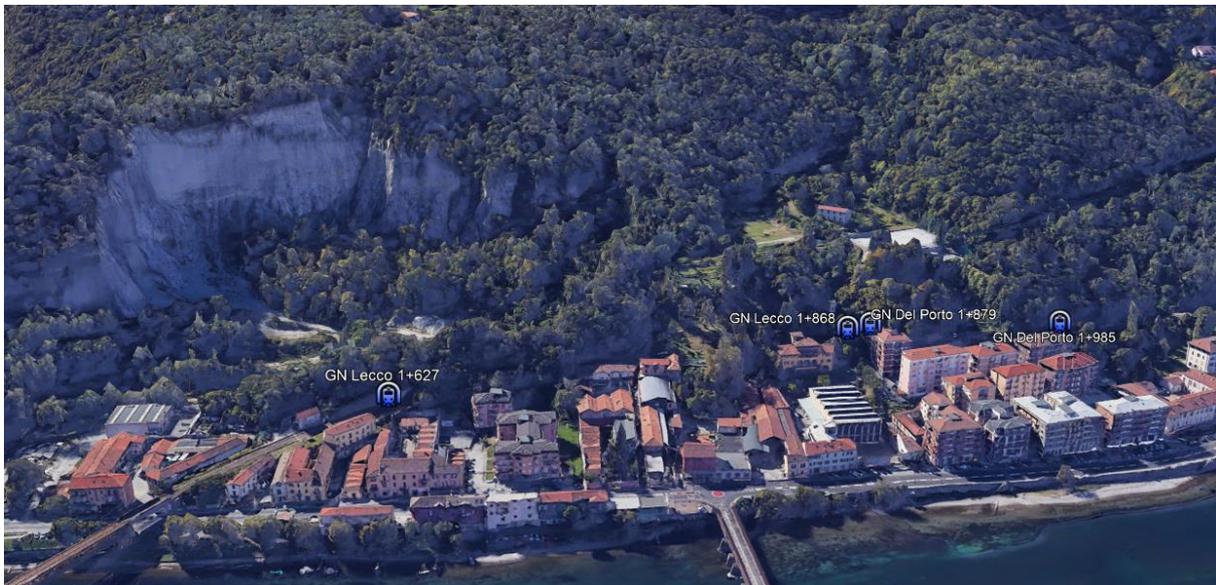
B

84 di 166



**Figura 8-12 – Vista aerea tridimensionale dell'area in comune di Valmadrera.**

Nel tratto finale, prima di giungere a Lecco, il quale è instaurato su depositi di conoide detritico ed alluvionale non attivi, la ferrovia attraversa il territorio comunale di Malgrate e Galbiate dove sono individuabili frane attive e quiescenti. La frana attiva, di grandi dimensioni, è instaurata sulla parete sub-verticale visibile in Figura 8-13.



**Figura 8-13 – Vista aerea tridimensionale dell'area in comune di Malgrate e Galbiate.**

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  85 di 166

## 8.2 RISCHIO IDRAULICO

Per quanto riguarda il rischio idraulico, lo strumento pianificatorio di riferimento è rappresentato dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI, aggiornata 2021) e dalla cartografia redatta nell'ambito della Direttiva Alluvioni (PGRA, aggiornata 2020) dell'Autorità di Bacino del fiume Po.

L'area di progetto interseca il Fiume Lambro, che fa parte del Reticolo principale (RP), costituito dall'asta principale del fiume Po e dai suoi maggiori affluenti nei tratti di pianura e nei principali fondivalle montani e collinari; inoltre è adiacente a corsi minori (RSCM) tributari dei Fiumi Olona, Lambro e Adda. Infine, l'opera si snoda lungo aree costiere lacustri (ACL) del lago di Como, dunque appartenente al bacino dell'Adda. La delimitazione delle aree potenzialmente interessate da alluvioni per tre scenari di piena, per ambiti territoriali distinti: reticolo idrografico principale (RP), reticolo idrografico secondario collinare e montano (RSCM), reticolo idrografico secondario di pianura (RSP), aree costiere lacustri (ACL)

- Elevata – corrispondente alla perimetrazione delle aree allagate dall'evento di piena di riferimento con tempo di ritorno 20-50 anni;
- Media – corrispondente alla perimetrazione delle aree allagate dall'evento di piena di riferimento con tempo di ritorno 100 anni (200 anni per il fiume Lambro);
- Moderata – corrispondente alla perimetrazione delle aree allagate dall'evento di piena di riferimento con tempo di ritorno maggiore 500 anni o massimo storico.

La determinazione del rischio per il PGRA è stata ottenuta dalla combinazione dei parametri vulnerabilità, danno e pericolosità, condotta attraverso una matrice con 4 righe e 3 colonne, ovvero 4 righe e 2 colonne. Per distinguere l'impatto assai diverso in termini di pericolo per la vita umana e danno per le attività antropiche, in relazione alla diversa intensità e modalità di evoluzione dei processi di inondazione negli ambiti territoriali considerati, si è sono utilizzare tre diverse matrici, di seguito in Tabella 5 1 si riporta quella utilizzata per il reticolo principale (RP) e per il reticolo secondario collinare e montano (RSCM alpino).

**Tabella 8-1 – Tabella per la valutazione del rischio per il reticolo principale (PGRA, 2010)**

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'		
		P3	P2	P1
CLASSI DI DANNO	D4	R4	R4	R2
	D3	R4	R3	R2
	D2	R3	R2	R1
	D1	R1	R1	R1

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  86 di 166

Si riporta qui di seguito una serie di stralci della Carta della pericolosità idraulica del PGRA (aggiornata al 2020) con le fasce fluviali del PAI.

Come è possibile osservare le aree oggetto di studio del presente elaborato si trovano adiacenti e all'interno di aree a pericolosità moderata, media ed elevata e alla Fascia fluviale A del Fiume Lambro (coincidente nell'area di studio con la Fascia B e C).

Sulle aree adiacenti alla zona di intervento il Fiume Lambro origina rischio basso R1 e molto elevato R4 (Figura 8-14). I suoi affluenti, quali il Rio Acquanegro in Comune di Senna Comasco (Fig.), il Torrente Brenna in Comune di Brenna (Fig.) originano rischio basso R1; i Torrente Bevera di Brianza e Gandaloglio, in Comune di Molteno e Oggiono (Fig.), originano rischio basso R1, elevato R3 e molto elevato R4.

I dissesti franosi ubicati in località Imberido, Rossa e Saideno, nei comuni di Oggiono e di Galbiate, originano rischio basso R1 e limitatamente molto elevato R4.

Nei comuni di Civate e Valmadrera si identifica basso R1, medio R2, elevato R3 e molto elevato R4.

Infine, nel tratto finale prospiciente al lago di Como e nella città di Lecco si identifica basso R1, medio R2, elevato R3 e molto elevato R4.



**Figura 8-14 – Legenda della Carta delle fasce fluviali del PAI e della pericolosità e del rischio da alluvione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA aggiornato 2020).**

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

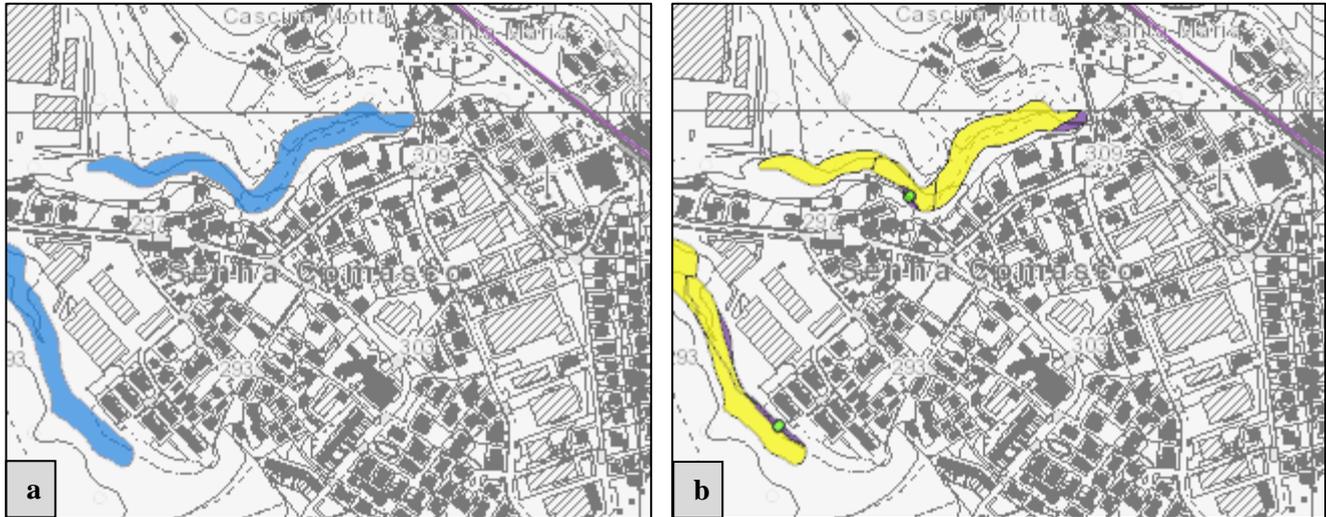
00

R 69 RG

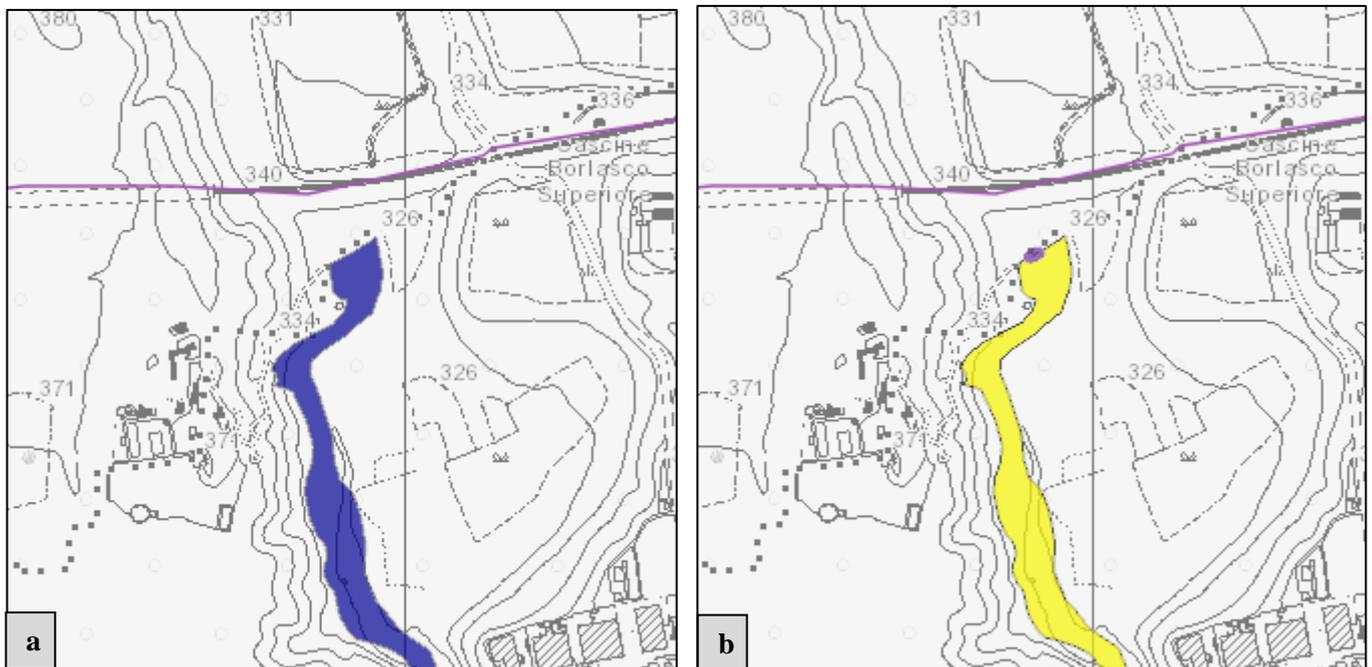
GE 0001 001

B

87 di 166



**Figura 8-15 - Carta delle fasce fluviali del PAI e della pericolosità (a) e del rischio (b) da alluvione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA aggiornato 2020) e della su CTR Regionale, scala 10.000. In viola è indicata la linea ferroviaria. Ubicazione: Senna Comasco.**



**Figura 8-16 – Carta delle fasce fluviali del PAI e della pericolosità (a) e del rischio (b) da alluvione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA aggiornato 2020) e della su CTR Regionale, scala 10.000. In viola è indicata la linea ferroviaria. Ubicazione: nord di Brenna.**

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

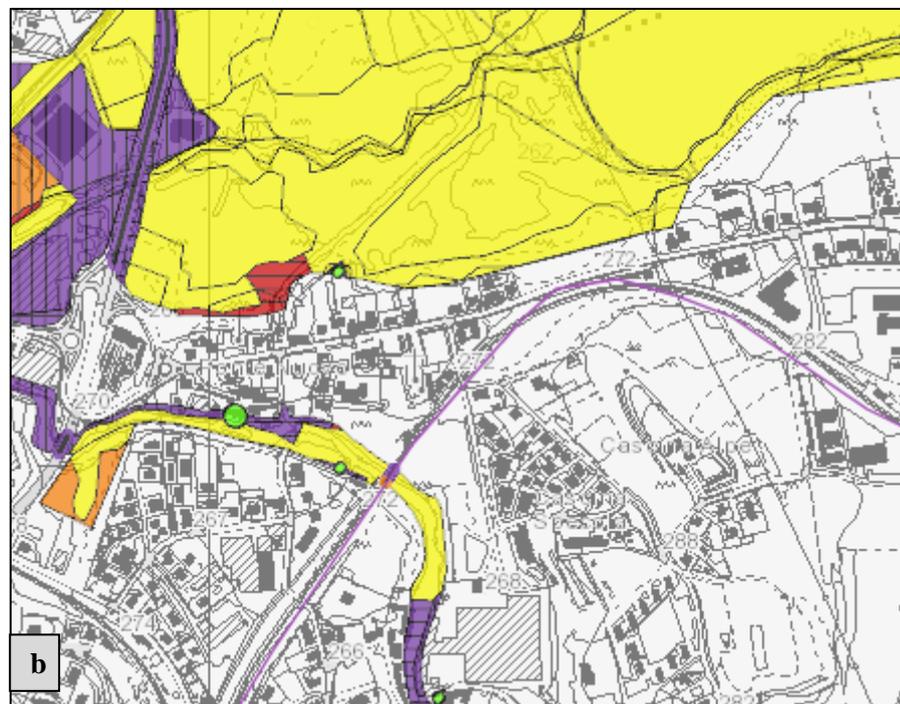
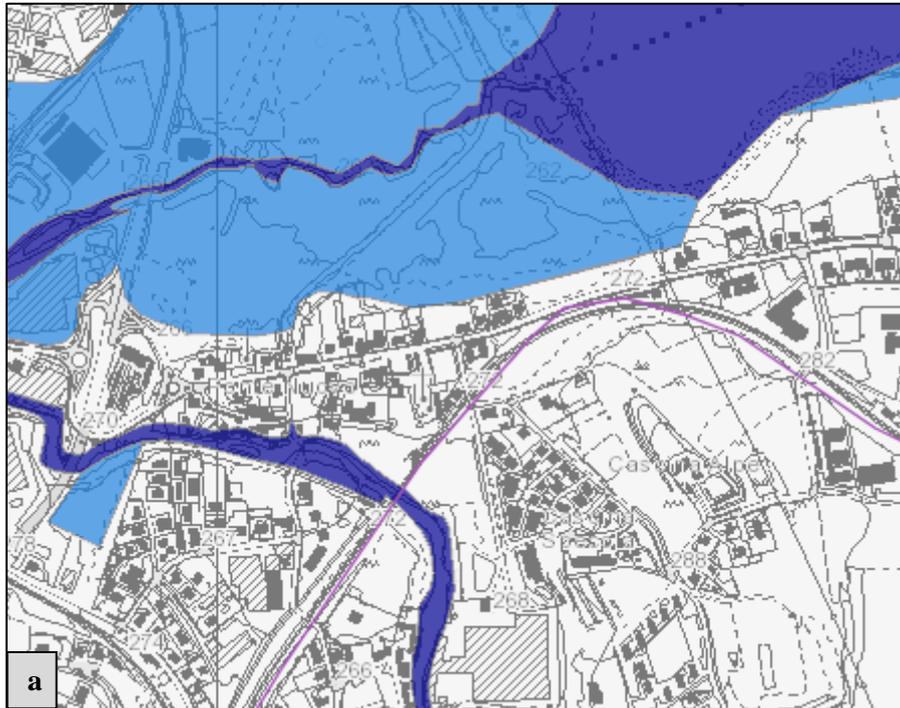
00

R 69 RG

GE 0001 001

B

88 di 166



**Figura 8-17 – Carta delle fasce fluviali del PAI e della pericolosità (a) e del rischio (b) da alluvione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA aggiornato 2020) e della su CTR Regionale, scala 10.000. In viola è indicata la linea ferroviaria. Ubicazione: Merone.**

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

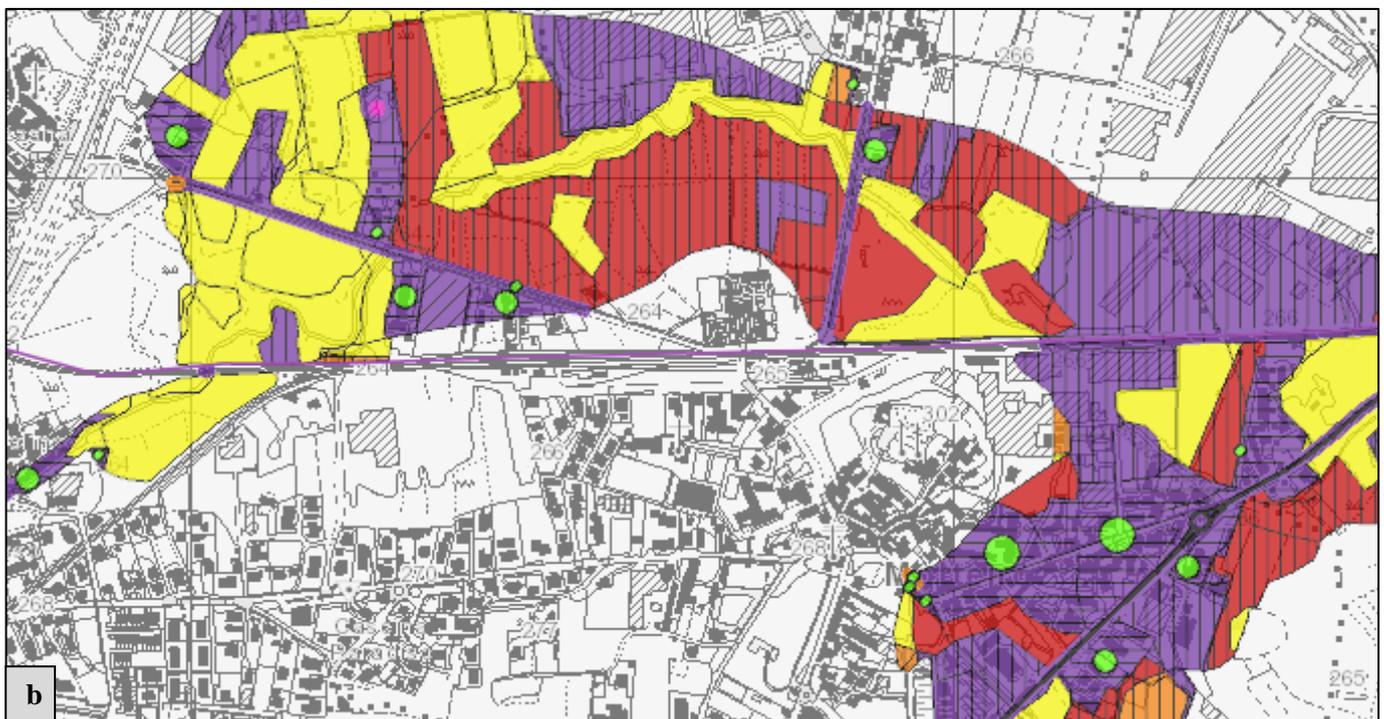
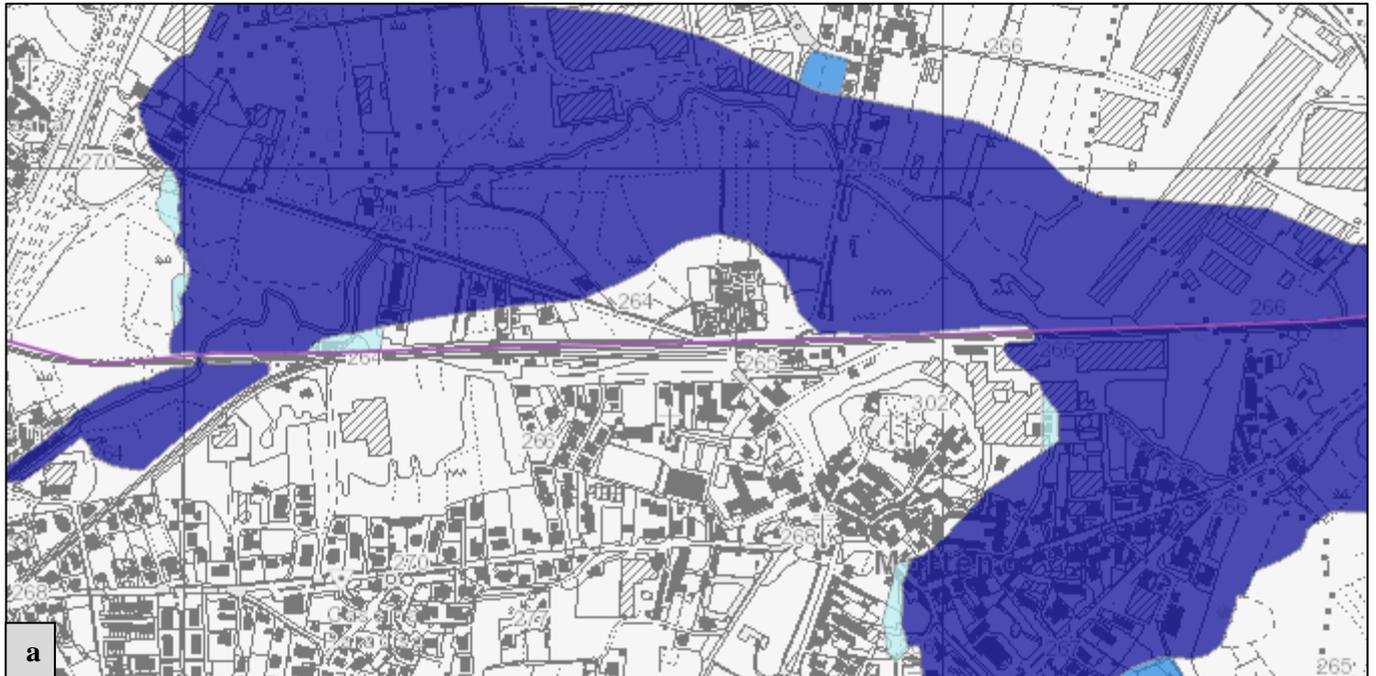
00

R 69 RG

GE 0001 001

B

89 di 166



**Figura 8-18 – Carta delle fasce fluviali del PAI e della pericolosità (a) e del rischio (b) da alluvione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA aggiornato 2020) e della su CTR Regionale, scala 10.000. In viola è indicata la linea ferroviaria. Ubicazione: Molteno.**

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

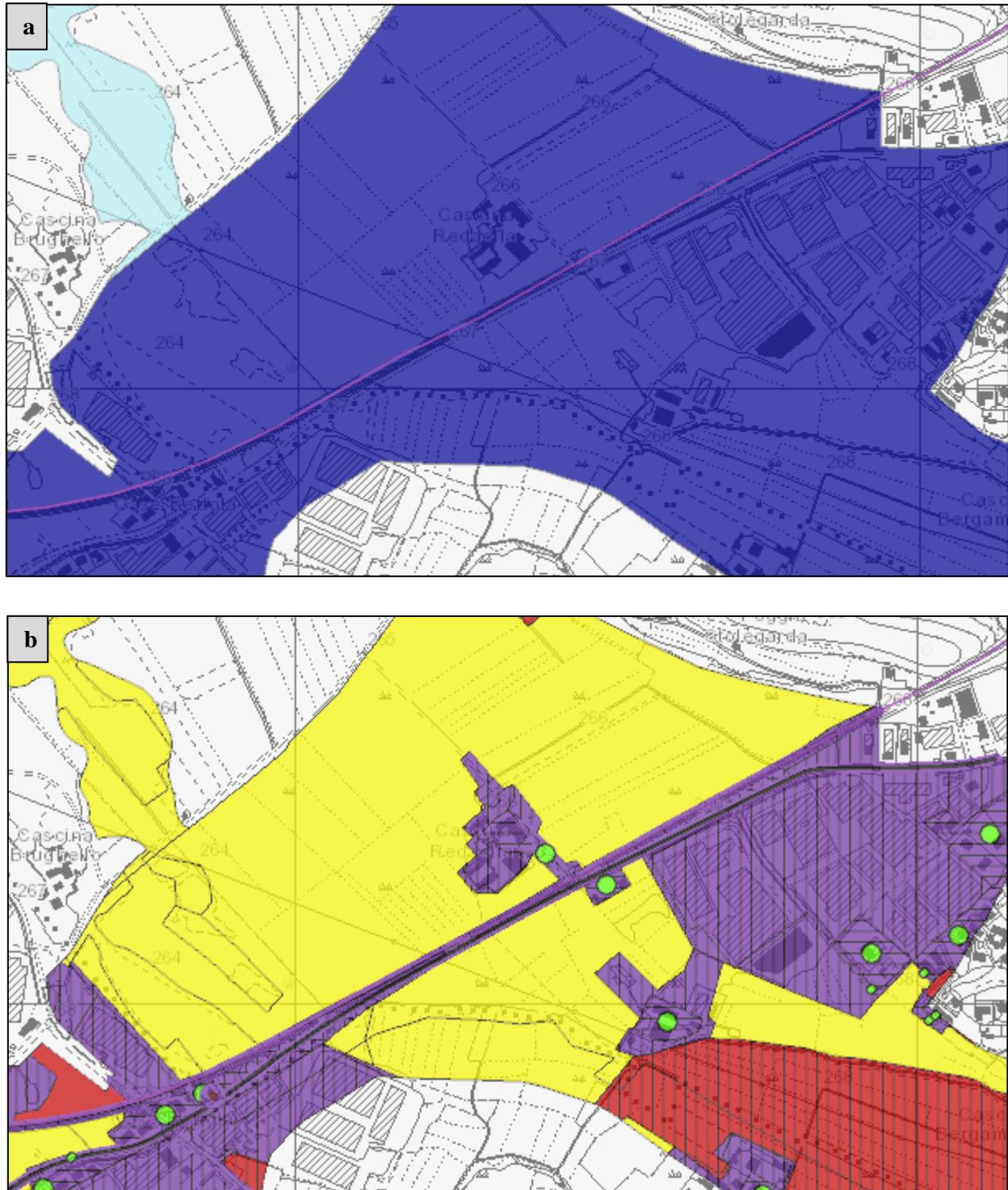
00

R 69 RG

GE 0001 001

B

90 di 166



**Figura 8-19 – Carta delle fasce fluviali del PAI e della pericolosità (a) e del rischio (b) da alluvione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA aggiornato 2020) e della su CTR Regionale, scala 10.000. In viola è indicata la linea ferroviaria. Ubicazione: tra Molteno e Oggiono.**

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

91 di 166



**Figura 8-20 – Carta delle fasce fluviali del PAI e della pericolosità (a) e del rischio (b) da alluvione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA aggiornato 2020) e della su CTR Regionale, scala 2.000. In viola è indicata la linea ferroviaria. Ubicazione: ovest di Imberido.**



**Figura 8-21 – Carta delle fasce fluviali del PAI e della pericolosità (a) e del rischio (b) da alluvione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA aggiornato 2020) e della su CTR Regionale, scala 5.000. In viola è indicata la linea ferroviaria. Ubicazione: località Rossa.**

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

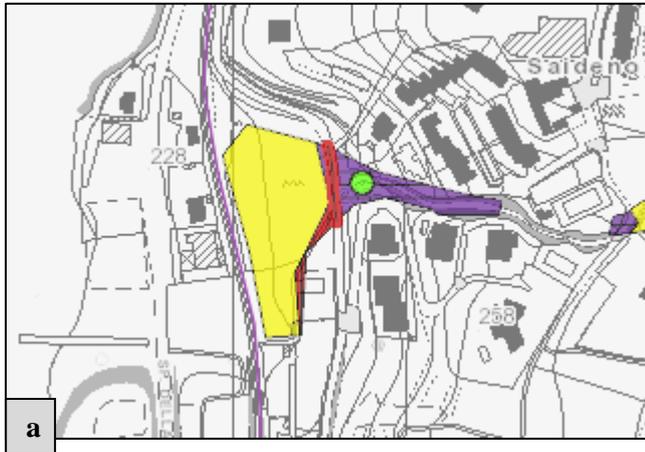
00

R 69 RG

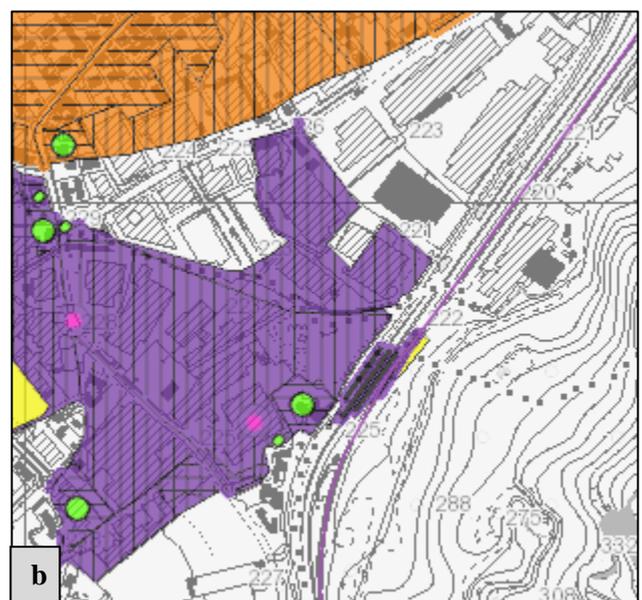
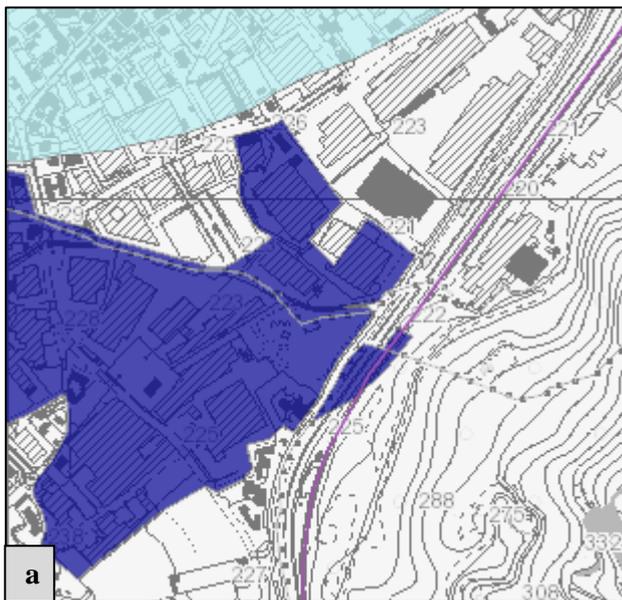
GE 0001 001

B

92 di 166



**Figura 8-22 – Carta delle fasce fluviali del PAI e della pericolosità (a) e del rischio (b) da alluvione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA aggiornato 2020) e della su CTR Regionale, scala 5.000. In viola è indicata la linea ferroviaria. Ubicazione: località Saidena.**



**Figura 8-23 – Carta delle fasce fluviali del PAI e della pericolosità (a) e del rischio (b) da alluvione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA aggiornato 2020) e della su CTR Regionale, scala 10.000. In viola è indicata la linea ferroviaria. Ubicazione: Civate.**

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

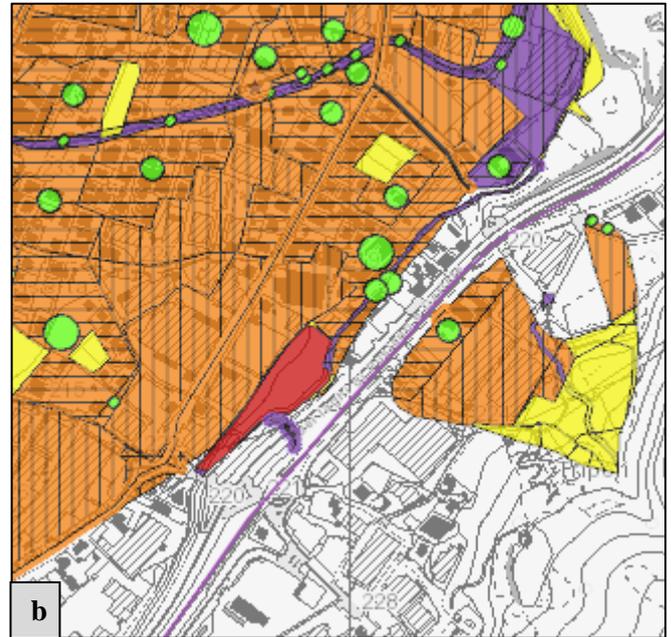
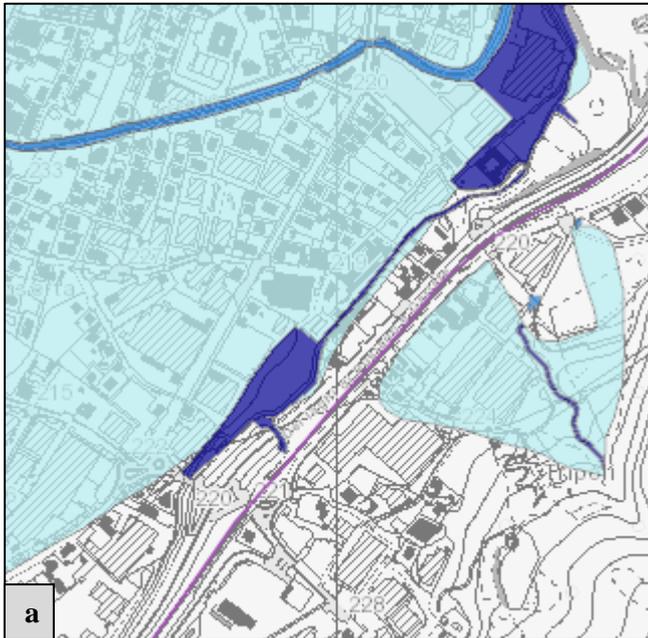
00

R 69 RG

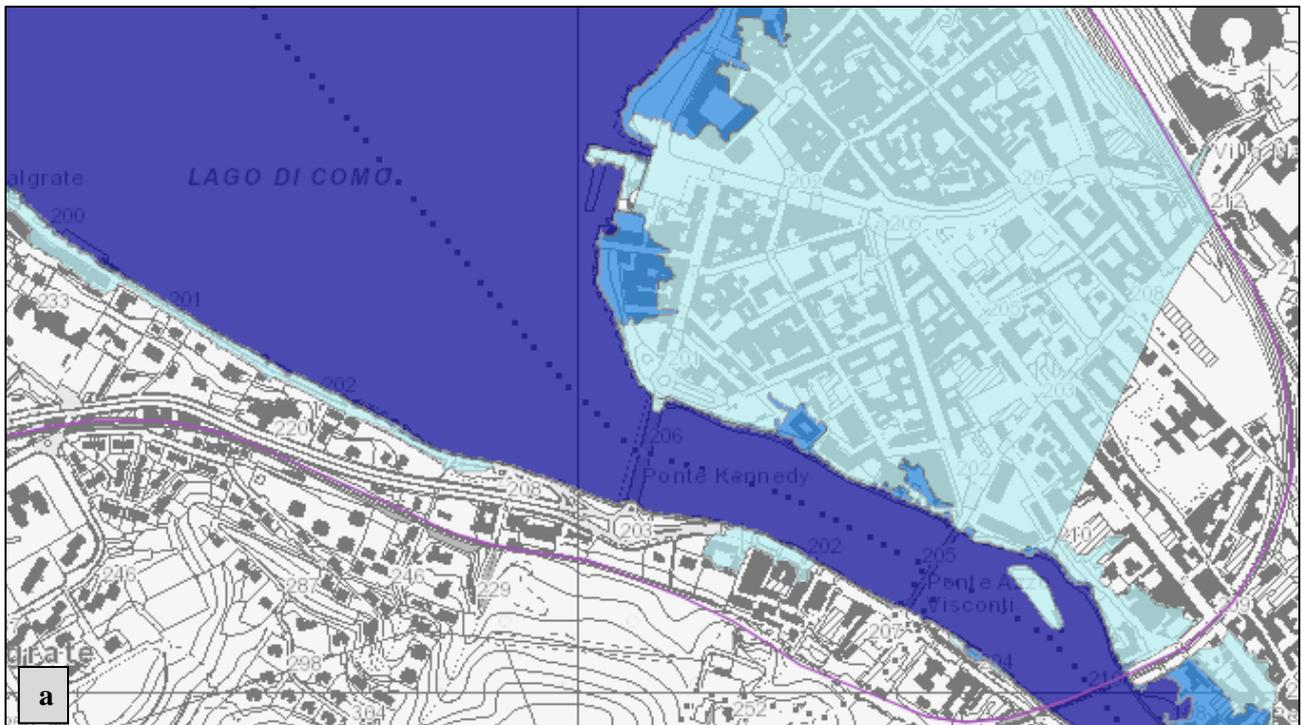
GE 0001 001

B

93 di 166



**Figura 8-24 – Carta delle fasce fluviali del PAI e della pericolosità (a) e del rischio (b) da alluvione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA aggiornato 2020) e della su CTR Regionale, scala 10.000. In viola è indicata la linea ferroviaria. Ubicazione: Valmadrera.**



STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

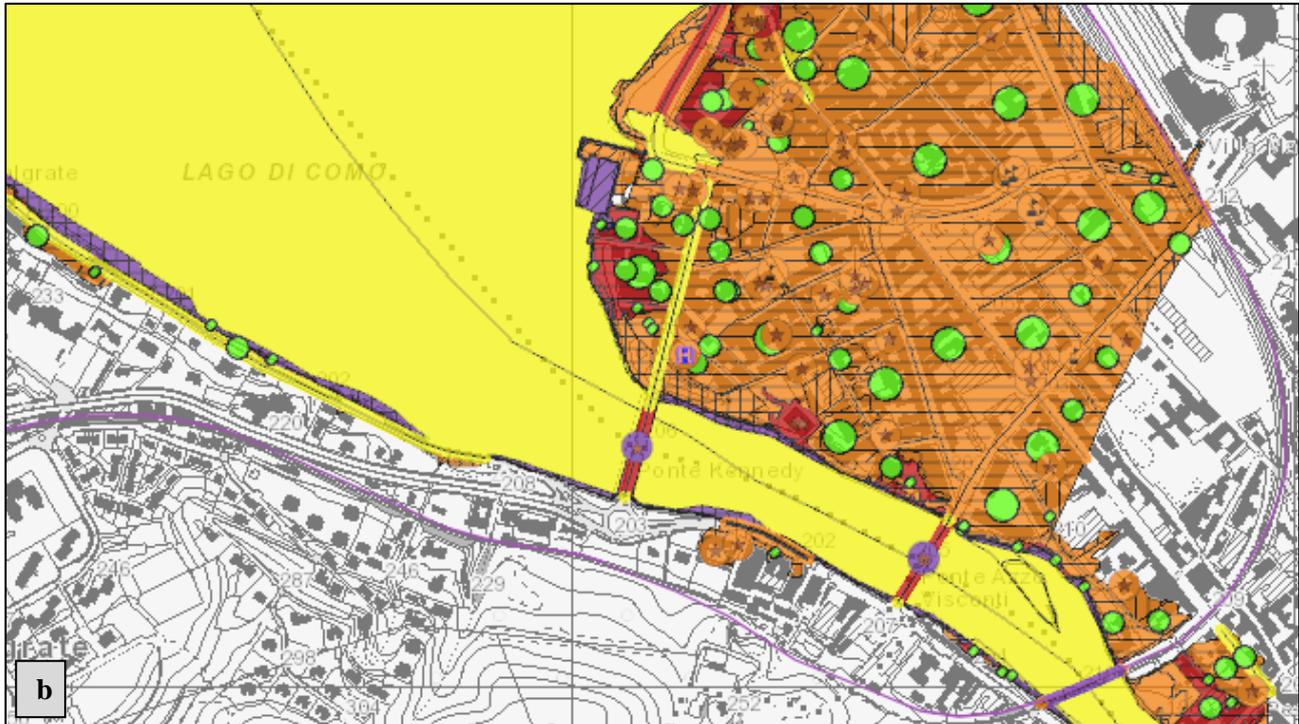
00

R 69 RG

GE 0001 001

B

94 di 166



**Figura 8-25 – Carta delle fasce fluviali del PAI e della pericolosità (a) e del rischio (b) da alluvione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA aggiornato 2020) e della su CTR Regionale, scala 10.000. In viola è indicata la linea ferroviaria. Ubicazione: Lecco.**

### 8.3 FATTIBILITÀ GEOLOGICA

L'analisi della fattibilità geologica nell'area di progetto è stata fatta sulla base delle cartografie redatte dai comuni di Como, Senna Comasco, Cantù, Alzate Brianza, Brenna, Monguzzo, Lurago d'Erba, Merone, Rogeno, Molteno, Sirone, Oggiono, Galbiate, Valmadrera, Malgrate e Lecco per i rispettivi PGT. Il Comune di Capiago Intimiano non possiede il PGT, mentre per il Comune di Anzano del Parco, tale documentazione non è disponibile.

La Carta della Fattibilità Geologica redatta nell'ambito del PGT di ciascun Comune individua le aree omogenee rispetto alla pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica presenti sul territorio comunale definite attraverso il Piano delle Regole.

In particolare, come si evince dalle Carte di Fattibilità Geologica dei PGT dei vari comuni attraversati, la linea ferroviaria interseca zone caratterizzate da classi di fattibilità 2 - *Fattibilità con modeste limitazioni*, 3 - *Fattibilità con consistenti limitazioni* e 4 - *Fattibilità con gravi limitazioni*, di seguito descritte. Per quanto riguarda le normative d'uso si rimanda alle "Norme geologiche di Piano" di ciascun PGT comunale.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>LC00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 001</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>95 di 166</p>

La linea ferroviaria nel tratto di Como ricade al di sopra di aree con classi di fattibilità:

**2 - Fattibilità con modeste limitazioni:** Zone con modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

**2.a** - Aree con caratteristiche geotecniche variabili depositi glaciali caotici (Tipo E\*) e fluvioglaciali (o assimilabili) ghiaioso sabbiosi (Tipo D\*), spesso con caratteri geologico tecnici variabili puntualmente, sia in senso verticale che orizzontale.

**2.a.1** - possibile presenza di substrato roccioso a scarsa profondità, interferente con le strutture (2.a.1.1: Conglomerato di Como).

**2.b** - Aree con falda idrica entro 10 m da piano campagna aree su substrati sciolti riferibili al Tipo A\* (sabbie e ghiaie ben stratificate e selezionate, con lenti più fini) e al Tipo D\* (ghiaie e sabbie pulite); localmente anche al Tipo E\*.

**3 - Fattibilità con consistenti limitazioni:** Zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'uso a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

**3.b** - Aree con pendenze generalmente elevate ( $> 30^\circ$ ), prive di evidenze importanti di fenomeni di dinamica dei versanti in atto.

**3.b.3** - Aree di norma stabili, generalmente in roccia, con coperture di materiale sciolto. Locali rischi in aree a valle di versanti attivi per possibile ricezione di materiale proveniente da monte per trasporto gravitativo. Presenza di coperture quaternarie prevalenti (**3.b.3**), spesso riconducibili al Tipo E\* (materiali caotici, diamicton) o D\* (ghiaie e sabbie pulite) con spessori del deposito di qualche metro.

**3.c** - Aree con falda subaffiorante (soggiacenza  $< 3$  m).

**3.c.1** - su sabbie e ghiaie ben stratificate e selezionate, con lenti o orizzonti più fini (Tipo A\*). Possibili anche substrati costituiti da ghiaie e sabbie pulite (Tipo D\*) (3.c.1).

**3.h** - Aree con riporti di materiale; aree colmate.

**3.h.1** - Cave riempite, grossi rimodellamenti morfologici operati attraverso riporto di materiale principali terrapieni e rilevati antropici. Locale falda subaffiorante (3.h.1).

La linea ferroviaria nel tratto di Senna Comasco ricade al di sopra di aree con classi di fattibilità:

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  96 di 166

**2 - Fattibilità con modeste limitazioni:** Comprende i settori con pendenze medie comprese tra 5° e 20°, non interessati da fenomeni di dissesto e da problematiche di ordine idrogeologico, occupati da terreni con caratteristiche geotecniche mediocri (fino a 5 m). Non sono previste particolari limitazioni e prescrizioni di carattere geologico.

**3 - Fattibilità con consistenti limitazioni:** In questa classe sono comprese:

- 1) le aree a pericolosità potenziale, legata alla possibile mobilitazione delle coltri superficiali di depositi sciolti, su pendii ad acclività superiore ai 20°;
- 2) le aree estrattive dismesse;
- 3) le aree interessate da accumuli di materiali inerti;
- 4) le aree soggette a ristagno di acque meteoriche;
- 5) le aree con presenza di falde sospese a bassa soggiacenza;
- 6) le aree con caratteristiche geotecniche scadenti.

La linea ferroviaria nel tratto di Cantù ricade al di sopra di aree con classi di fattibilità:

**2 - Fattibilità con modeste limitazioni:** La classe comprende aree nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Tali limitazioni possono, in genere, essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi, senza l'esecuzione di specifiche opere di difesa.

**3 - Fattibilità con consistenti limitazioni:** La classe comprende aree nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità Individuate. L'utilizzo di tali aree potrebbe necessitare l'esecuzione di interventi specifici e/o opere di difesa.

**4 - Fattibilità con gravi limitazioni:** La classe comprende aree per le quali l'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della L.R. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono, inoltre, consentite le Innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

La linea ferroviaria nel tratto di Alzate Brianza ricade al di sopra di aree con classi di fattibilità:

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>LC00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 001</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>97 di 166</p>

**2 - Fattibilità con modeste limitazioni:** è costituita dalle aree a pendenza medio-bassa e con terreni a discrete caratteristiche geotecniche. I depositi ivi affioranti sono costituiti prevalentemente da depositi glaciali e fluvioglaciali recenti ed in minima parte da accumuli colluviali. In questa classe rientrano anche le aree di transizione a zone con problematiche di tipo idraulico, geomorfologico ed idrogeologico, e marcano il passaggio tra le zone con problematiche consistenti a quelle senza particolari problemi. In campo geologico, infatti, spesso i limiti tra depositi differenti, o le linee di demarcazione tra le aree di influenza di processi geomorfologici differenti non sono rappresentabili geometricamente con limiti netti, esistendo dei passaggi transizionali tra i diversi ambiti. In altri casi le delimitazioni possono essere fatte solo sulla base della dettagliata conoscenza dei siti, ricavabile tramite l'esecuzione di approfondite indagini, che esulano dallo scopo della presente analisi. Pertanto, in fase di studio del territorio a scala generale, si è prevista attorno alle aree con problematiche geologiche, delle zone di transizione tra aree con problematiche ed aree prive. La classe di fattibilità 2 abbraccia vasta parte della porzione centrale ed orientale del territorio.

**3 - Fattibilità con consistenti limitazioni:** comprende aree a pericolosità potenziale di innesco di movimenti di versante, valutate in base alla pendenza medio alta del pendio ed alle caratteristiche geotecniche dei terreni. Sono inoltre comprese le aree con presenza di riporti o di terreni a caratteristiche geotecniche scadenti, talora associati alla presenza di emergenze idriche di modesta entità e le aree con problemi di drenaggio e soggette a possibili fenomeni di allagamento. Nella classe 3 rientrano inoltre le aree con problematiche di tipo idrogeologico, e cioè le zone con vulnerabilità dell'acquifero principale da alta a molto alta. La classe di fattibilità 3 copre tutta la fascia occidentale del territorio comunale e, in ambiti più ristretti, nella porzione nord-orientale e meridionale.

La linea ferroviaria nel tratto di Brenna ricade al di sopra di aree con classi di fattibilità:

**2 - Fattibilità con modeste limitazioni:**

**2.b** - Aree sub pianeggianti con terreni granulari ghiaioso sabbiosi caratterizzati da elevata permeabilità. Problematiche relative alla presenza di massi errativi nel sottosuolo ed alla elevata vulnerabilità della falda idrica sotterranea. Favorevole con modeste limitazioni a salvaguardia della falda idrica sotterranea.

**3 - Fattibilità con consistenti limitazioni:**

**3.a** - Aree sub pianeggianti, altimetricamente rilevate, a contorno delle scarpate ad elevata acclività ed aree di versante ad acclività da media a debole a raccordo tra le piane rilevate ed i settori ribassati. Possibile innesco di fenomeni evolutivi della scarpata (dissesti), connessi principalmente con la canalizzazione delle acque superficiali. Favorevole con consistenti limitazioni legate alla verifica della stabilità dei versanti e delle caratteristiche idrogeologiche locali.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  98 di 166

La linea ferroviaria nel tratto di Monguzzo ricade al di sopra di aree con classi di fattibilità:

**3 - Fattibilità con consistenti limitazioni:** *Questa classe comprende quelle aree che presentano consistenti limitazioni alla modificazione delle destinazioni d'uso dei terreni. In questa classe ricade la maggior parte del territorio comunale.*

**4 - Fattibilità con gravi limitazioni:** *L'elevato rischio comporta gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso, dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, eccezion fatta per quelle opere che saranno tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentiti interventi così come definiti dall'art.31 lettere a), b) c) della legge 457/1978. In questa classe rientrano gli alvei dei torrenti, le fasce di tutela e le zona di rispetto dei corsi d'acqua definite dalla rete idrica minore, le aree in dissesto (frane).*

La linea ferroviaria nel tratto di Lurago d'Erba ricade al di sopra di aree con classi di fattibilità:

**1 - Fattibilità senza particolari limitazioni:** *Caratteri distintivi: aree pianeggianti o con debole acclività, Fattori limitanti generici: nessuno, Fattori limitanti per l'edificazione: nessuno*

**3 - Fattibilità con consistenti limitazioni:**

**3.c** - *Caratteri distintivi: aree con terreni scendenti (colluviali) e possibili venute d'acqua superficiali, Fattori limitanti generici: possibili venute d'acqua superficiali. Su pendio si richiede la verifica di stabilità dei versanti e/o fronti di scavo/riporti con  $h > 2m$ . Prevedere drenaggio degli interrati.*

**4 - Fattibilità con gravi limitazioni:** *Caratteri distintivi: zone comprese nella fascia di rispetto dall'alveo di piena dei corsi d'acqua ivi compresi gli eventuali tratti tombinati, aree paludose permanentemente allagate, aree ad elevata vulnerabilità intrinseca dell'acquifero in presenza di specchi d'acqua superficiale, ex fronti di cava, (zone di tutela assoluta delle captazioni idropotabili - ZTA). Fattori limitanti generici: aree soggette al R.D. 523/904 fino all'approvazione dell'apposito regolamento comunale di polizia idraulica redatto ai sensi della d.g.r n°7/7868 del 2002, vulnerabilità del corpo idrico superficiale, stabilità dei versanti, (aree soggette alle prescrizioni della d.g.r. 7/12693 del 2003 in materia di disciplina della attività all'interno delle fasce di rispetto assoluto dei pozzi, art.21 comma 6, del d.lgs 152/99 e successive modificazioni). Norme di comportamento ambientale: Le aree devono essere adeguatamente protette. Divieto di realizzazione di qualsiasi nuova edificazione se non destinata al consolidamento e/o sistemazione idrogeologica o alla messa in sicurezza del sito (o se non destinate alle opere di captazione e ad infrastrutture di servizio per i pozzi). Per gli edifici esistenti sono consentite solo interventi di demolizione senza ricostruzione, interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a-b-c della l.r. 12/2005, senza aumento di superficie, volume o del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica. Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono*

STUDIO GEOLOGICO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

LC00 00 R 69 RG GE 0001 001 B 99 di 166

*essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno essere comunque puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea.*)

La linea ferroviaria nel tratto di Merone ricade al di sopra di aree con classi di fattibilità:

## **2 - Fattibilità con modeste limitazioni:**

**2.1 -Aree con depositi a carattere locale e spessori variabili. Si tratta delle superfici moreniche e dei terrazzi vallivi asciutti. Sono caratterizzate dalla forte variabilità laterale e verticale dei caratteri geotecnici (peraltro meno evidente nelle superfici appartenenti ai terrazzi fluviali), dalla possibile presenza di roccia a profondità interferenti con le fondazioni e di trovanti. Tali situazioni sono più probabili rispettivamente nelle zone intorno al cementificio e a nord del dosso di Merone e nelle aree moreniche di Moiana. La variabilità dei caratteri litotecnici in punti anche prossimi tra loro può indurre problemi di cedimento differenziale e di instabilità delle fondazioni.**

*Andrà verificata pertanto la presenza di locali venute d'acqua superficiali e la presenza di trovanti, soprattutto in corrispondenza dei punti di carico delle fondazioni e dei fronti di scavo.*

*Si segnala inoltre la presenza di aree nelle quali è prevalsa la sedimentazione di materiale fine, con caratteristiche geotecniche non buone. Tali aree sono generalmente caratterizzate da superfici piane e poco inclinate. In queste situazioni è opportuno provvedere al miglioramento dei caratteri geotecnici tramite trattamento del sottofondo.*

*Per tutte le superfici della sottoclasse 2.1 è inoltre opportuno limitare la modifica delle morfologie attraverso sbancamenti o costruzione di terrapieni. Tali interventi devono essere limitati ai casi strettamente necessari per garantire la stabilità delle opere in progetto e non devono apportare importanti modifiche del paesaggio naturale.*

## **3 - Fattibilità con consistenti limitazioni:**

**3.2 -Aree a bassa soggiacenza della falda. Si tratta di aree del fondovalle attivo e della piana lacustre per le quali le prove geotecniche effettuate hanno evidenziato la presenza anche locale di una falda a profondità spesso inferiori a 3 m dal piano campagna. Le aree geologicamente appartenenti alla piana lacustre e al conoide del Lambro (area a nord del territorio comunale, in località Ponte Nuovo) sono caratterizzate inoltre dalla presenza di caratteri geotecnici scadenti (scarsa capacità portante. Si tratta di aree di un certo pregio ambientale, determinato proprio dalla presenza di una falda prossima al piano campagna; si sconsiglia pertanto l'occupazione di queste aree con interventi invasivi, che modificano pesantemente la superficie morfologica (quota di piano campagna) e l'ambiente parzialmente umido.**

STUDIO GEOLOGICO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	100 di 166

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

*Nelle aree ricadenti in questa sottoclasse è comunque opportuno verificare che ogni intervento sull'esistente e ogni nuova opera non interferiscano con la falda stessa. Sarà necessario monitorare il livello di falda per un tempo significativo e utile a comprendere l'escursione della stessa (almeno un anno); sarà inoltre necessario progettare le strutture in modo che non siano possibili contaminazioni a breve o a lungo termine della falda.*

*Per ogni nuovo intervento dovrà essere confrontata la profondità massima raggiunta da scavi e opere con la soggiacenza minima della falda e con il trend di evoluzione della stessa in un arco di tempo sufficientemente lungo. Dovrà essere mantenuto in ogni caso un opportuno franco tra la profondità raggiunta dall'opera e la superficie superiore massima della falda. Nel caso sia verificata l'interazione tra l'opera e la falda, l'opera in progetto dovrà garantire, attraverso specifiche indicazioni progettuali, la tutela della falda da ogni rischio di contaminazione sia durante la fase costruttiva dell'opera, sia successivamente.*

**3.4-Aree colmate o rilevate.** *La costruzione e la trasformazione di grosse porzioni del territorio è spesso legata ad ambiti produttivi o alla realizzazione di importanti infrastrutture; in molti casi le modifiche introdotte hanno comportato importanti alterazioni della morfologia originaria, con scavi e movimenti terra che hanno profondamente alterato le caratteristiche dei terreni. In particolare, sono state individuate le aree che, nel corso del processo di trasformazione, sono state riempite o colmate con materiale estraneo o modificate dalla creazione di terrapieni.*

*Qualsiasi modifica che sarà effettuata su queste aree dovrà preventivamente accertare con precisione la situazione litotecnica dei terreni di fondazione, la stabilità delle scarpate, la tendenza all'erosione per ruscellamento superficiale delle stesse, e ogni altro particolare in ordine alla stabilità delle fondazioni, interferenza con falde locali, stabilità dei pendii naturali e artificiali.*

#### **4 - Fattibilità con gravi limitazioni:**

**4.2 - Fasce A del PAI, fasce di rispetto fluviale di tipo 1.** *Sono le aree adiacenti ai corsi d'acqua, da mantenere a disposizione per garantire l'accessibilità al tratto per gli interventi di manutenzione dello stesso. Tali fasce originariamente con ampiezza di 10 m ai sensi dell'art.96 RD 523 del 1904, sono sostituite, previa approvazione da parte dell'autorità competente, dalle fasce proposte nello Studio sul Reticolo Idrico Minore e dalle norme ad esso relative. Per la definizione geometrica di dettaglio di queste superfici si fa riferimento alle indicazioni riportate nelle norme di carattere generale. La normativa di riferimento è data dalle Norme di Polizia idraulica e dalle NTA del PAI. In particolare tali nuove fasce mantengono l'ampiezza di almeno 5 m (4 se il tratto è tombinato) e comprendono:*

- la fascia di pertinenza fluviale da mantenere a disposizione per manutenzione e interventi di difesa idraulica
- la fascia A del PAI

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

101 di 166

- le aree di laminazione controllata identificate dal Progetto di Variante al PAI.

In queste aree sono vietate le opere elencate dall'art. 14 delle Norme di Polizia Idraulica, mentre sono consentite, le opere riportate nell'art. 13 delle medesime norme.

Sono ammessi inoltre gli interventi relativi a infrastrutture di interesse pubblico non altrimenti localizzabili che non comportano diminuzione delle volumetrie inondabili. Tali interventi dovranno essere verificati con apposito studio idraulico redatto ai sensi dell'Allegato 4 della DGR 8/7374 e delle direttive in materia idrologica e idraulica emanate dall'Autorità di Bacino del Fiume Po e dalla Regione Lombardia.

La linea ferroviaria nel tratto di Rogeno ricade al di sopra di aree con classi di fattibilità:

**3 - Fattibilità con consistenti limitazioni:** Aree caratterizzate da rischio idrogeologico legato all'instabilità dei versanti caratterizzati dalla presenza di terreni superficiali con alto potere rigonfiante e scadenti caratteristiche geotecniche. Presenza di substrato roccioso subaffiorante dotato di scadenti caratteristiche geomeccaniche. Piante d'alto fusto derivanti da ceppaie vecchie con alto grado di sradicamento e di sovraccarico sul versante.

**3.c - Aree individuate come zona C dallo studio del reticolo idrico minore.** La presenza di più canali o rogge adiacenti l'una all'altra definiscono piccole aree caratterizzate da particolarità idrologica (risorgenze occasionali con formazione di piccole rogge locali) o di divagazione idrogeologica di canali agricoli o rogge.

**4 - Fattibilità con gravi limitazioni:** Comprende aree con gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione.

La linea ferroviaria nel tratto di Molteno ricade al di sopra di aree con classi di fattibilità:

**2 - Fattibilità con modeste limitazioni:** Aree nelle quali sono state rilevate modeste limitazioni all'utilizzo a scopo edificatorio e/o alla modifica di destinazione d'uso dei terreni, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Per l'utilizzo di queste zone è quindi necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico geotecnico e/o idrogeologico, finalizzati ai singoli progetti, al fine di ricostruire un modello geologico e geotecnico e idrogeologico sufficientemente dettagliato, da utilizzarsi per la scelta delle opere di fondazione e il loro dimensionamento. La progettazione di nuove infrastrutture, nuove edificazioni, compresi gli accessori che comportino scavi di qualsiasi profondità, ristrutturazioni comportanti ampliamenti e/o sopraelevazioni dell'esistente, qualora determinino un significativo aumento dei carichi sul terreno, o scavi di qualsiasi profondità.

**3 - Fattibilità con consistenti limitazioni:**

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

102 di 166

**3.e** - Comprende aree incluse nella Zona I del PAI interne al Centro Edificato con una pericolosità idraulica media o moderata. Per questa sottoclasse ogni intervento edilizio dovrà essere valutato in funzione del rischio idraulico dell'area, adottando gli accorgimenti ritenuti necessari per evitare il danneggiamento di beni e strutture (realizzazione di nuove aree sopraelevate rispetto alla piena di riferimento, realizzazione di nuove infrastrutture viabili ed edifici in modo tale da non creare "canali" di scorrimento a forte velocità, evitare interventi che comportino l'accumulo locale delle acque, eccetera). Saranno da valutare tutte le misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni (opere drenanti per evitare sottopressioni idrostatiche, opere di difesa per evitare erosioni, eccetera). Sono auspicabili l'utilizzo di materiali e tecnologie costruttive che consentano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche e che le rendano poco danneggiabili al contatto con l'acqua. Per gli edifici esistenti dotati di vani interrati saranno da prevedere eventuali opere di sollevamento delle acque e smaltimento delle stesse in caso di accumulo per riempimento, in ogni caso non è consentita la realizzazione di nuovi vani interrati.

#### **4 - Fattibilità con gravi limitazioni:**

**4.a** - Comprende aree a pericolosità elevata per presenza di versanti molto acclivi e aree a pericolosità idraulica molto elevata (alveo torrentizio e sponde).

La linea ferroviaria nel tratto di Sirone ricade al di sopra di aree con classi di fattibilità:

#### **3 - Fattibilità con consistenti limitazioni:**

**3.c1** - Aree della "Zona I" (ex L. 267/98) ricadenti all'interno del "centro edificato" (ai sensi dell'art. 51 comma 4 e 5 della Deliberazione n.18/2001 dell'autorità di Bacino del Fiume Po), per le quali esiste una alta probabilità di essere esposte a fenomeni di esondazione. In particolare, ci si riferisce alla specifica Zona A (indicata con lo studio specifico "Piano Stralcio – aree a rischio Idrogeologico L.267/98 – Legge Sarno – Identificazione misure di salvaguardia" – Bergna Studi Associati - 2002) che comprende l'area a sud della linea ferroviaria Monza –Lecco nella parte nord-occidentale del territorio comunale.

La linea ferroviaria nel tratto di Oggiono ricade al di sopra di aree con classi di fattibilità:

**2 - Fattibilità con modeste limitazioni:** Comprende genericamente tutte le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine ed accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Comprende le aree pianeggianti, sub-pianeggianti o variamente acclivi con discrete caratteristiche geologico-tecniche dei terreni e del substrato roccioso. Possono essere presenti modesti fenomeni di dissesto, ben individuabili e circoscrivibili; la permeabilità dei depositi superficiali risulta da media ad alta.

In questa classe ricadono:

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

103 di 166

- i settori a pendenza medio-bassa della fascia collinare;
- alcuni settori della fascia perilacuale e dei conoidi alluvionali;
- ampi settori della fascia pianeggiante

Nel contesto territoriale di Oggiono è stata individuata una Classe 2 generica, basata sulle caratteristiche idrogeologiche/geotecniche dei terreni di copertura

**3 - Fattibilità con consistenti limitazioni:** Comprende genericamente tutte le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa. Comprende le aree variamente acclivi fino a 20° e/o caratterizzate da materiali con proprietà geotecniche da mediocri a scadenti; rientrano in questo ambito alcune delle zone interessate da fenomeni di subsidenza. Il substrato è talora subaffiorante e la permeabilità risulta da media a bassa. Vengono ricomprese altresì le aree acclivi di versante soggette all'influenza di possibili fenomeni di dissesto idrogeologico di maggior estensione e diffusione rispetto alla Classe 2 precedente.

**3.a** -Comprende le aree acclivi con pendenze generalmente >20° (per i depositi superficiali) con caratteristiche geotecniche generalmente da mediocri a scadenti e con pendenze >35° (per gli affioramenti rocciosi) i cui parametri geomeccanici sono discreti (Classe III di Beniaowsky); la permeabilità risulta da media a bassa.

**3.c.2** -Comprende le aree a "pericolosità media H3" della "Zona I" (ex L. 267/98) ricadente all'interno del "centro edificato" (ai sensi dell'art. 51 comma 4 e 5 della Deliberazione n.18/2001 dell'autorità di Bacino del Fiume Po), per le quali esiste una moderata probabilità di essere esposte a fenomeni di esondazione, con livelli liquidi massimi di 20-30cm. Interessa le porzioni di territorio ubicate ad ovest del rilevato ferroviario, destinate a verde agricolo di salvaguardia ambientale, ed i lotti industriali compresi tra Via per Molteno, Via della Foppa e Via Mognago; li insediamenti esistenti presentano in generale una quota media di calpestio del piano terra superiore a 267,5 mt s.l.m. e gli eventi alluvionali verificatisi in passato hanno coinvolto le sedi stradali ed i piazzali circostanti gli edifici, morfologicamente più depressi.

**4 - Fattibilità con gravi limitazioni:** L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso delle aree. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Nel contesto territoriale di Oggiono è stata individuata una Classe generica 4, basata sulla presenza di aree franose, di rischio di esondazione torrentizia e allagamento perenne, e tre Sottoclassi 4a, 4b e 4c definite sulla base della presenza, alla presenza di aree a rischio idrogeologico molto elevato ai sensi della ex L. 267/98 esterne al "centro edificato" e/o alla presenza delle fasce di rispetto del reticolo Principale e Minore e/o di zone di tutela assoluta di pozzi o sorgenti utilizzate a scopo idropotabile, e precisamente:

STUDIO GEOLOGICO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	104 di 166

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

**4.a** - *Comprende, nella fascia pianeggiante sud-occidentale, le aree a rischio idrogeologico molto elevato ai sensi della ex L. 267/98 esterne al centro edificato, soggette all'esonazione del Torrente Gandaloglio (Zona I). Prescrizioni: per gli interventi ricadenti in tali ambiti si applicano le prescrizioni contenute nelle NdA della Delibera dell'Autorità di Bacino n. 18/2001 art. 51 comma 3*

**4.b** - *Comprende le fasce di rispetto del Reticolo Minore individuato con lo Studio redatto ai sensi della D.G.R. n. 7/7868; per la disciplina degli interventi consentiti, all'interno di tale fascia, si rimanda al Regolamento di Polizia Idraulica vigente.*

La linea ferroviaria nel tratto di Galbiate ricade al di sopra di aree con classi di fattibilità:

- 2 - Fattibilità con modeste limitazioni:** *Comprende aree subpianeggianti e debolmente acclivi, caratterizzate in prevalenza da depositi glaciali terrazzati e localmente dalla presenza di riporti antropici. In genere sussistono modeste problematiche di natura geologico-tecnica e/o idrogeologica legata a zone con bassa soggiacenza della falda idrica. Possono essere presenti, inoltre, modesti fenomeni di dissesto, ben individuabili e circoscrivibili. In questa classe ricade gran parte del territorio collinare sul quale si sviluppano le frazioni del comune di Galbiate. Sono comprese inoltre in tale Classe la fascia a ridosso del lago di Annone al limite con la Classe di fattibilità 4, aree in corrispondenza dell'eremo in loc. San Francesco, l'ambito caratterizzato dagli scavi archeologici dei Piani di Barra e la zona di Ponte Azzone Visconti.*
- 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni:** *La classe comprende quelle zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica delle destinazioni d'uso, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa. Comprende aree acclivi, caratterizzate sia dalla presenza di terreni di copertura in prevalenza di origine glaciale che dal substrato roccioso affiorante e subaffiorante, potenzialmente soggette a fenomeni di dissesto idrogeologico. Sono state inserite in tale ambito le zone a Sud del Monte Barro, interessate da smottamenti durante gli eventi alluvionali del novembre 2002. Sono inoltre comprese in questa Classe le fasce di rispetto idropotabili di pozzi e sorgenti (D.P.R. 236/88 - R = 200 m). Si precisa che anche per le captazioni attualmente non utilizzate ma collegate all'acquedotto comunale, ai fini della tutela idrogeologica vengono riconfermate le fasce di rispetto con criterio geometrico ai sensi del D.P.R. 236/'88 e della D.G.R. n° 6/15137 del 27/06'96. In questa classe ricadono i rilievi posti a Sud ed a Est di Figina, i versanti Sud ed Ovest del Monte Barro, la Val Faè, la zona di San Michele e Pian Sciresa.*
- 4 - Fattibilità con gravi limitazioni:** *La classe comprende quelle zone nelle quali l'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad*

STUDIO GEOLOGICO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	105 di 166

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

*interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro e risanamento conservativo come definito dall'art. 27, comma 1 lettere a, b, c della L.R. 12/05 senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativi. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica. La classe comprende quelle zone che risultano avere un elevato rischio geologico, idrogeologico ed idraulico ed una elevata estensione dei dissesti che limitano fortemente la realizzabilità in sicurezza di interventi edilizi e delle opere di protezione e bonifica con i metodi tradizionali. Deve pertanto essere esclusa qualsiasi nuova edificazione se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.*

La linea ferroviaria nel tratto di Valmadrera ricade al di sopra di aree con classi di fattibilità:

**3 - Fattibilità con consistenti limitazioni:**

**3.e** -Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso Idropotabile e/o del primo acquifero.

**3.f** -Aree prevalentemente limoso-sabbiose con limitata capacità portante e ridotta soggiacenza della falda.

**4 - Fattibilità con gravi limitazioni:**

**4.b** -Aree adiacenti ai corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per Interventi di manutenzione e per la realizzazione di Interventi di difesa

La linea ferroviaria nel tratto di Malgrate ricade al di sopra di aree con classi di fattibilità:

**2 - Fattibilità con modeste limitazioni:** *Interessa le aree pianeggianti, sub-pianeggianti o variamente acclivi con scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni e con una permeabilità dei depositi superficiali da media ad alta.*

**2.a** -Aree a vulnerabilità idrogeologica alta. *Comprende le ex aree di cava del Rio Torto e della località Gaggio e tutti gli ambiti di versante in cui si riconosce la presenza dei depositi fluvioglaciali. Necessaria una valutazione delle effettive condizioni di vulnerabilità idrogeologica del sottosuolo*

**2.b** -Aree a caratteristiche geotecniche scadenti ed aree potenzialmente instabili (pendenza > 20 gradi). *Comprende l'intera area della piana alluvionale e gli ambiti territoriali a valle della linea ferroviaria della località Porto sino alla costa lacustre. Necessaria una valutazione delle effettive caratteristiche geotecniche dei terreni; inoltre, negli ambiti dove le pendenze risultano >20° si prescrive la realizzazione di specifiche verifiche della stabilità riguardanti l'opera in progetto/versante.*

**3 - Fattibilità con consistenti limitazioni:**

**3.a** -Aree ad alta vulnerabilità idrogeologica. *Comprende le aree del versante in cui è presente/affiorante il deposito fluvioglaciale; generalmente si tratta di aree acclivi (pendenze fino a 45°) caratterizzate da*

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p align="center"><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA LC00</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 0001 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 106 di 166</p>

*materiali molto permeabili. Necessaria una valutazione delle effettive condizioni di vulnerabilità idrogeologica del sottosuolo in cui è presente la zona di ricarica della falda idrica.*

**4 - Fattibilità con gravi limitazioni:**

**4.a -Fascia di rispetto del Retico Idrico Principale /Minore in cui si applicano le Norme di Polizia Idraulica ai sensi della DGR 7/786802 e successiva 71395003.**

La linea ferroviaria nel tratto di Lecco ricade al di sopra di aree con classi di fattibilità:

**1 - Fattibilità senza particolari limitazioni:** *Questa classe comprende le aree urbane pianeggianti o sub-pianeggianti con buone caratteristiche geotecniche dei terreni e non interessate da fenomeni di dissesto idrogeologico.*

**2 - Fattibilità con modeste limitazioni:** *La classe 2 comprende le porzioni di territorio caratterizzate da pendenze poco rilevanti (10-20° circa) e soggette a un modesto grado di vulnerabilità geologica e idrogeologica. In classe 2 sono state inserite anche delle fasce di transizione di 20 m al passaggio tra le fasce fluviali in classe 4 e il territorio urbano in classe 1. Per le zone di conoide dei torrenti Culigo, Bione, Gerenzzone e Caldono, individuate come "Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito", per le "Aree con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali", per le "Aree prevalentemente limoso-argillose con limitata capacità portante" e per alcune "Aree con riporti di materiale" è stata assegnata una classe 2 di fattibilità geologica (anziché 3, da tab.1 della D.G.R. 9/2616 del 2011).*

*Le aree con scadenti caratteristiche geotecniche (Aree con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali, Aree prevalentemente limoso-argillose con limitata capacità portante, Aree con riporti di materiale e aree colmate) non mostrano particolari problematiche legate a eventuali processi evolutivi, trattandosi di aree urbanizzate da diversi decenni, in cui è già avvenuta l'edificazione e/o la trasformazione dei suoli.*

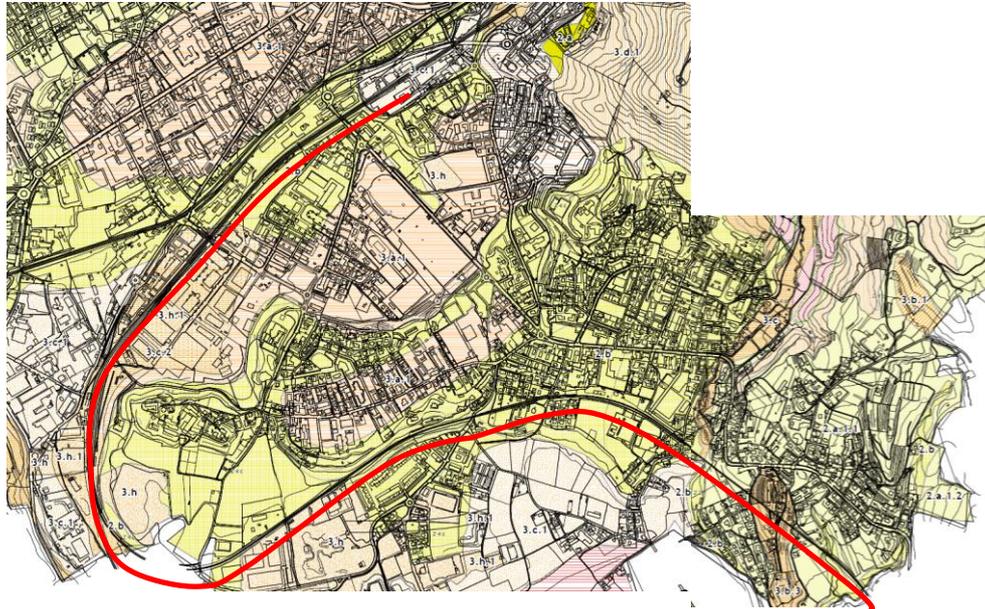
*Nelle aree potenzialmente interessate da flussi di detrito, completamente antropizzate, è stata riscontrata una bassa pericolosità per il verificarsi di fenomeni di esondazione e di deposizione di colate detritico-fangose da parte dei torrenti interessati, in riferimento alle caratteristiche geomorfologiche dei conoidi e alle opere di regimazione presenti.*

**4 - Fattibilità con gravi limitazioni:** *Rientrano in classe di fattibilità 4: le "fasce di rispetto" del reticolo idrografico principale e minore.*

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 001 001	B	107 di 166



**Legenda carta di fattibilità geologica**

**Classe 1 - fattibilità senza particolari limitazioni**

Aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 15/01/2008).

- 1 Aree poco pendenti, con depositi granulari generalmente privi di falda idrica e senza particolari problemi geologici-tecnici. Substrati sciolti in ghiaie e sabbie (Tipo geotecnico D')

**Classe 2 - fattibilità con modeste limitazioni**

Zone con modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

- 2.a Aree con caratteristiche geotecniche variabili: depositi glaciali caotici (Tipo C') e fluvio-glaciali (o assimilabili) ghiaioso sabbiosi (Tipo D'), spesso con caratteri geologici tecnici variabili puntualmente, sia in senso verticale che orizzontale.
  - 2.a.1.1 possibile presenza di substrato roccioso a soarsa profondità, interferente con le strutture (2.a.1.1); Conglomerato di Como; 2.a.1.2; Calcare di Moltrasio o assimilabile; 2.a.1.3; Pelti di Prestino;
  - 2.a.2. aree con falda entro 10 m dalla superficie; substrati litoidi generalmente profondi (>15 m), localmente prossimi alla superficie, di natura varia;
  - 2.a.3. aree con vulnerabilità idrogeologica alta o molto alta;
  - 2.a.4. aree con detrito di falda consolidato (Tipo C'); blocchi in matrice sabbiosa);
- 2.b Aree con falda idrica entro 10 m da piano campagna: aree su substrati sciolti riferibili al Tipo A' (sabbie e ghiaie ben stratificate e selezionate, con lenti più fini) e al Tipo D' (ghiaie e sabbie pulite); localmente anche al Tipo C'

\* I tipi litologici citati in legenda sono descritti nella parte relativa alla caratterizzazione litologica tecnica e nella relativa tavola.  
\*\* le fasce di rispetto fluviale riportate in questa tavola sono da verificare sul terreno puntualmente, misurando 10 m dal ciglio superiore di sponda o, dove presente, dal piede esterno dell'argine

- 22 perimetro e sigla degli scenari di Pericolosità Sismica Locale, rappresentati nel box
- aree dissesti PAI
- Per la classificazione si rimanda alla Carta con legenda uniformata PAI

**Classe 3 - fattibilità con consistenti limitazioni**

Zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'uso a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

- 3.a Presenza di substrati geotecnici compressibili o cedevoli (limi e argille; sabbie fini) facilmente saturabili
- 3.a.1 Aree attribuite a substrati fini (limi e argille, talvolta sabbie fini limose), spesso variati, saturi o facilmente saturabili, rionduibili al Tipo B' (limi e limi sabbiosi). Locale presenza di falda entro 10 m (3.a.1). Locale pendenza elevata, > 30° (3.a.2)
- 3.a.2
- 3.b Aree con pendenza generalmente elevata (> 30°), prive di evidenze importanti di fenomeni di dinamica dei versanti in atto
- 3.b.1 Aree di norma stabili, generalmente in roccia, con coperture di materiale sciolto. Locali rischi in aree a valle di versanti attivi per possibile ricezione di materiale proveniente da monte per trasporto gravitativo.
- 3.b.2 Presenza di Conglomerati di Como (3.b.1), Calcarea di Moltrasio (3.b.2) e opere quaternarie prevalenti (3.b.3), spesso rionduibili al Tipo E' (materiali caotici, diamantoni o D' (ghiaie e sabbie pulite) con spessi del deposito di qualche metro.
- 3.b.3
- 3.c Aree con falda subaffiorante (poggianza < 3 m)
- 3.c.1 su sabbie e ghiaie ben stratificate e selezionate, con lenti o orizzonti più fini (Tipo A'). Possibili anche substrati costituiti da ghiaie e sabbie pulite (Tipo D') (3.c.1), o limi e limi sabbiosi (Tipo B') (3.c.2). Aree con falda subaffiorante ma a profondità variabile tra 1 e 6 m circa (3.c.3)
- 3.c.2
- 3.c.3
- 3.d Aree con pendenza generalmente elevata (> 30°) e evidenze di dinamiche gravitativo locali in atto
- 3.d.1 Zone di versante con fenomeni attivi, impostati su substrati rocciosi subaffioranti o poco profondi. Alcuni rischi nelle aree poste alla base di versanti più attivi per possibile trasporto di materiale da monte.
- 3.d.2 Evidenze di piccoli e/o locali fenomeni gravitativi, di importanza limitata. Substrati in Conglomerati di Como (3.d.1), Calcarea di Moltrasio o assimilabile (3.d.2), con locali opere di materiale generalmente attribuibili al Tipo E', di spessore variabile.
- 3.e Fondovalle del Torrente Cossia e parte del conoide del Torrente Breggia. Aree potenzialmente interessate da esondazioni e fenomeni di sovralluvionamento.
- 3.e.1 Ambito Valle del Cossia: aree a pericolosità idraulica elevata (3.e.1) o media (3.e.3), a substrato con blocchi di grosse dimensioni in alveo; presenza di roccia affiorante o subaffiorante; falda entro 10 m, ad esclusione della parte più a valle, dove la falda si approfondisce.
- 3.e.2
- 3.e.3
- 3.f Aree soggette ad inondazioni laurali
- 3.f.1 Aree cittadine in prossimità del lago, con falda subaffiorante e substrati in gran parte costituiti da materiale di riporto.
- 3.g Conoidi con attività quiescente
- 3.g.1 Morfologie attualmente inattive, potenzialmente riattivabili in occasione di eventi particolari o per opera manutenzione del bacino a monte.
- 3.h Aree con riporti di materiale: aree solimate
- 3.h.1 Cune rampanti, grossi rimodellamenti morfologici operati attraverso riporto di materiale principali terrapieni e rilevati antropici. Locale falda subaffiorante (3.h.1)
- 3.h.2
- 3.h.3

**Classe 4 - fattibilità con gravi limitazioni**

Presenza di gravi limitazioni all'uso a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non dove tende al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei rischi.

Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, rifacimento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della L.R. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico immediato. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica. Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili.

- 4.a Aree a pendenza elevata (> 30°), interessate da crolli del substrato roccioso
- 4.a.1 Aree con substrato roccioso affiorante o subaffiorante, interessate da episodi di dinamica geomorfologica puntuale e diffusa, generalmente costituiti da fenomeni di orolo parzialmente classificati come dissesti PAI.
- 4.a.2 Aree a rischio di ricezione di blocchi litoidi provenienti da monte. Locali svuotamenti della coltre superficiale ed erosioni lineari negli impluvi.
- 4.a.3 Substrato in Conglomerato di Como (4.a.1) o in Calcarea di Moltrasio (4.a.2)
- 4.b Aree a pendenza elevata (> 30°), aree soggette a svuotamenti di materiale
- 4.b.1 Aree interessate da episodi di dinamica geomorfologica puntuale e diffusa dovuti a svuotamenti e distacchi del materiale sciolto di copertura, costituito da sedimenti quaternari e/o legati all'alterazione in posto del substrato lapideo, parzialmente classificati PAI.
- 4.b.2 Rettiloio drenante incois e localmente interessato da colate di materiale e dissesti lineari non perimetrati classificati PAI.
- 4.b.3 Rettiloio drenante incois e localmente interessato da colate di materiale. Substrato in Conglomerato di Como (4.b.1) o in Calcarea di Moltrasio (4.b.2)
- 4.c Aree a pendenza elevata (> 30°) in depositi limoso-sabbiosi, con situazioni di dinamica di versante in atto o quiescenti
- 4.c.1 Depositi generalmente riferibili al Tipo B' (limi e limi sabbiosi) attribuiti a deposizioni laurali, spesso saturi o facilmente saturabili, per i quali sono riconoscibili fenomeni di dinamica di versante in atto o quiescenti in parte classificati PAI.
- 4.c.2
- 4.c.3
- 4.c.4
- 4.d Aree di pertinenza della rete di drenaggio
- 4.d.1 Valli in versanti generalmente in roccia o in materiale detritico. Aree interessate da fenomeni di esondazione e sovralluvionamento per trasporto e deposito di materiali.
- 4.d.2 Aree classificate PAI permeate e non permeate, tra le quali impluvi con erosione di fondo, dissesti morfologici di carattere torrenziale.
- 4.d.3
- 4.d.4
- 4.d.5
- 4.e Aree di basso versante con falde e conoidi detritici
- 4.e.1 Aree fortemente rimangiate interessate da fenomeni di deposizione di materiale proveniente da monte, con falde e onni di detrito attivi, posti al piede di versanti molto pendenti e particolarmente incois. Materiale attribuibile al Tipo C'.
- 4.e.2 Dissesto PAI
- 4.f Aree umide e aree sorgentive
- 4.f.1 Falda affiorante o subaffiorante (poggianza comunque < 3 m), a volte legate alla presenza di sistemi di sorgenti. Difficoltà di drenaggio e/o ambienti umidi palustri con valenza ecologica. Aree umide su forme carsiche (4.f.1)
- 4.f.2
- 4.f.3

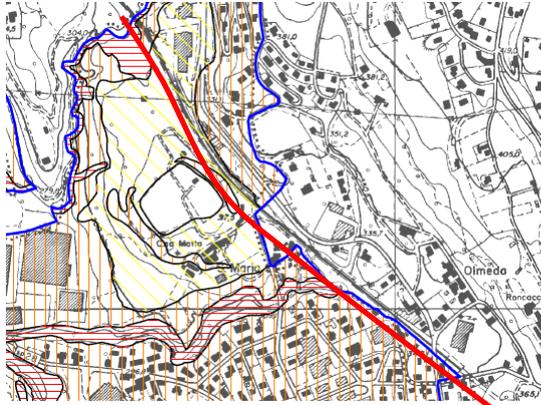
revisione settembre 2010, revisione luglio 2011, aggiornamento novembre 2012  
a cura di Studio Rea - Ricerche ecologiche applicate

**Figura 8-26 - Stralcio della Carta di fattibilità geologica del comune di Como (scala originale 1:5.000), 2014. In rosso è evidenziata l'area di progetto.**

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

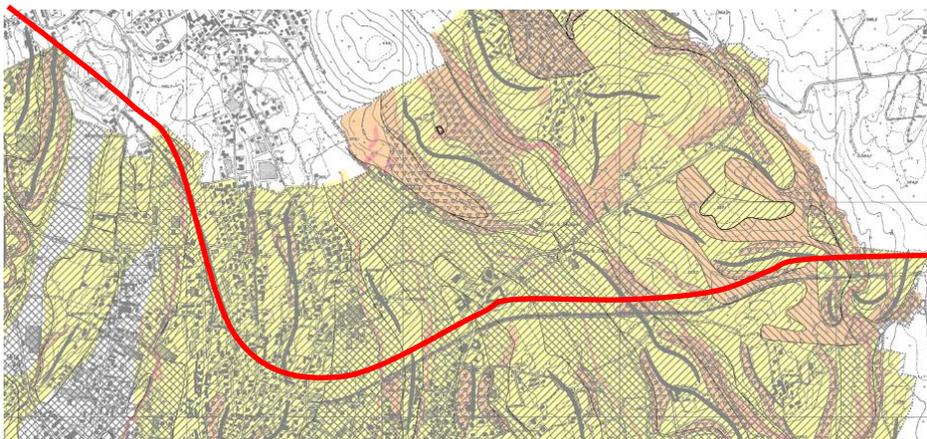
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	108 di 166



**LEGENDA**

-  Classe di fattibilità 1 (senza particolari limitazioni)
-  Classe di fattibilità 2 (con modeste limitazioni)
-  Classe di fattibilità 3 (con consistenti limitazioni)
-  Classe di fattibilità 4 (con gravi limitazioni)

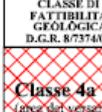
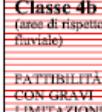
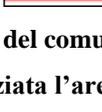
**Figura 8-27 - Stralcio della Carta di fattibilità geologica del comune di Senna Somasco (scala originale 1:10.000), Agosto 2008. In rosso è evidenziata l'area di progetto.**



LEGENDA CARTA FATTIBILITA'	
	<b>CLASSE 1 - FATTIBILITA' SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI</b> La classe comprende aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Per tutti gli interventi ricadenti in questa classe deve essere direttamente applicato quanto prescritto dal d.m. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni".
	<b>CLASSE 2 - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI</b> La classe comprende aree nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Tali limitazioni possono, in genere, essere superate mediante approfondimenti di indagini e accorgimenti tecnico-costruttivi, senza l'esecuzione di specifiche opere di difesa.
	<b>CLASSE 3 - FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI</b> La classe comprende aree nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuale. L'utilizzo di tali aree potrebbe necessitare l'esecuzione di interventi specifici e/o opere di difesa.
	<b>CLASSE 4 - FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI</b> La classe comprende aree per le quali l'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza del sito. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l. n. 463/1997, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono, inoltre, consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

**Figura 8-28 - Stralcio della Carta di fattibilità geologica del comune di Cantù (scala originale 1:10.000), Luglio 2006. In rosso è evidenziata l'area di progetto.**



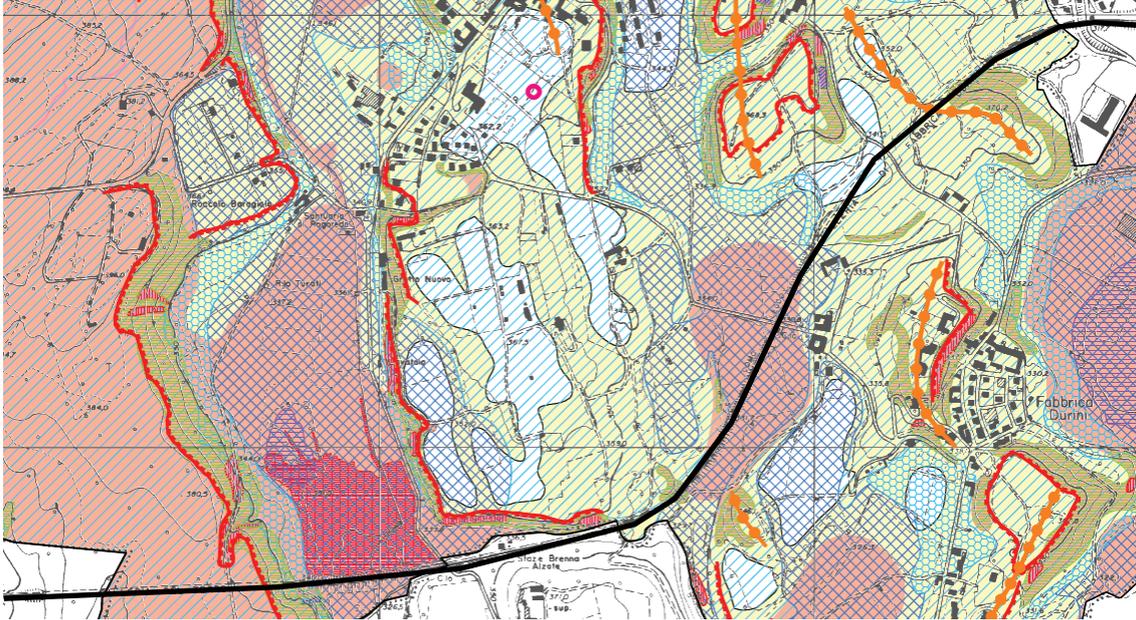
CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA D.G.R. 8/7374/08		AREE A PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (PSL)	
	<b>Classe 3a</b> (Area di Avvicinazione) FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI		Arece soggette ad approfondimenti di 2° livello
	<b>Classe 3b</b> (Area di interesse idraulico) FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI		Arece soggette ad approfondimenti di 3° livello
	<b>Classe 3c</b> (Area di fondovalle) FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI		<b>Classe 2a</b> (area di pianalto) FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI
	<b>Classe 4b</b> (area di rispetto fluviale) FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI		<b>Classe 2b</b> (area pianeggiante) FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI

**Figura 8-29 - Stralcio della Carta di fattibilità geologica del comune di Brenna (scala originale 1:10.000), Aprile 2011. In rosso è evidenziata l'area di progetto.**

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	109 di 166



**LEGENDA FATTIBILITA' GEOLOGICA**

- CLASSE 1 - FATTIBILITA' SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI**
- CLASSE 2 - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI**
- CLASSE 3 - FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI**

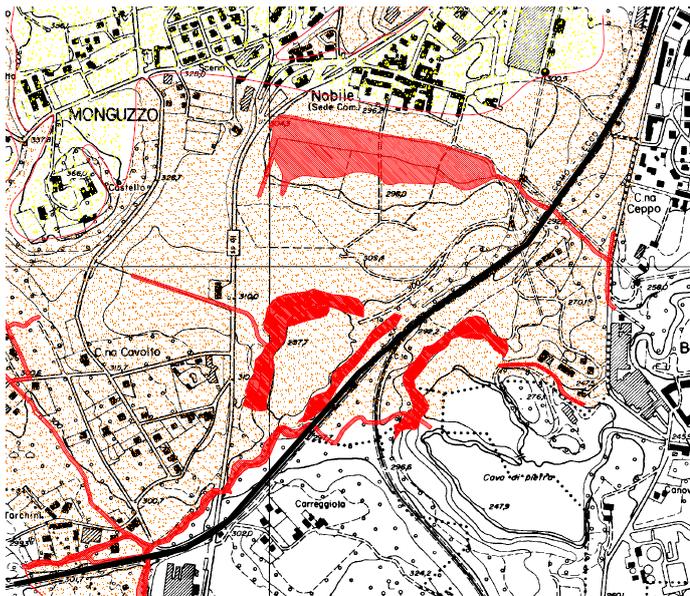
**CLASSE 4 - FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI**

**SOTTOCLASSE 4a - FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI**

comprende:

1 - area posta immediatamente a monte della linea ferroviaria, individuata dallo "Studio Preliminare di sistemazione idraulica dei torrenti Terrò, Certesa ed affluenti" come sito di possibile realizzazione di un bacino di laminazione delle piene della Roggia Vecchia (indicata come Roggia Lubiana all'interno dei confini di Alzate Brianza). Tale area ha attualmente destinazione agricola e dovrà essere mantenuta a disposizione al fine di poter realizzare l'opera. A seguito della costruzione dello sbarramento potrà essere mantenuta la destinazione agricola dell'area.

**Figura 8-30 - Stralcio della Carta di fattibilità geologica del comune di Alzate Brianza (scala originale 1:10.000), Gennaio 2017. In nero è evidenziata l'area di progetto.**



**CLASSE 2 FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI**

**2**

Comprende aree nelle quali sono state rilevate condizioni limitative alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni

Comprende aree con inclinazioni inferiori a 20°. Modesti fenomeni di dissesto possono verificarsi in questa classe.

**CLASSE 3 FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI**

**3**

Comprende aree che presentano consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni. Sono aree acclivi o predisposte al dissesto idrogeologico e morfodinamico.

**CLASSE 4 FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI**

**4**

Comprende aree con gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione.

**Figura 8-31 - Stralcio della Carta di fattibilità geologica del comune di Monguzzo (scala originale 1:10.000), Ottobre 2012. In nero è evidenziata l'area di progetto.**

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

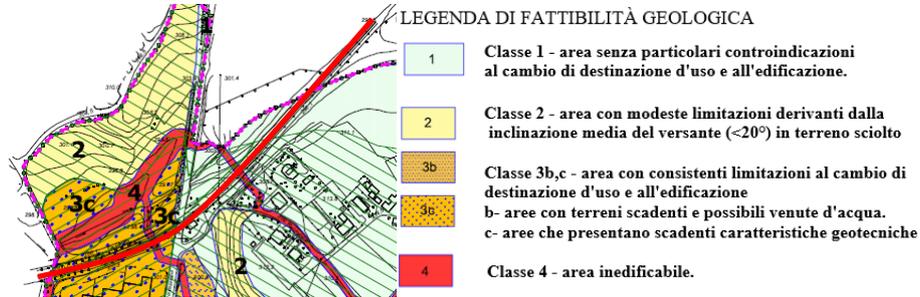
00

R 69 RG

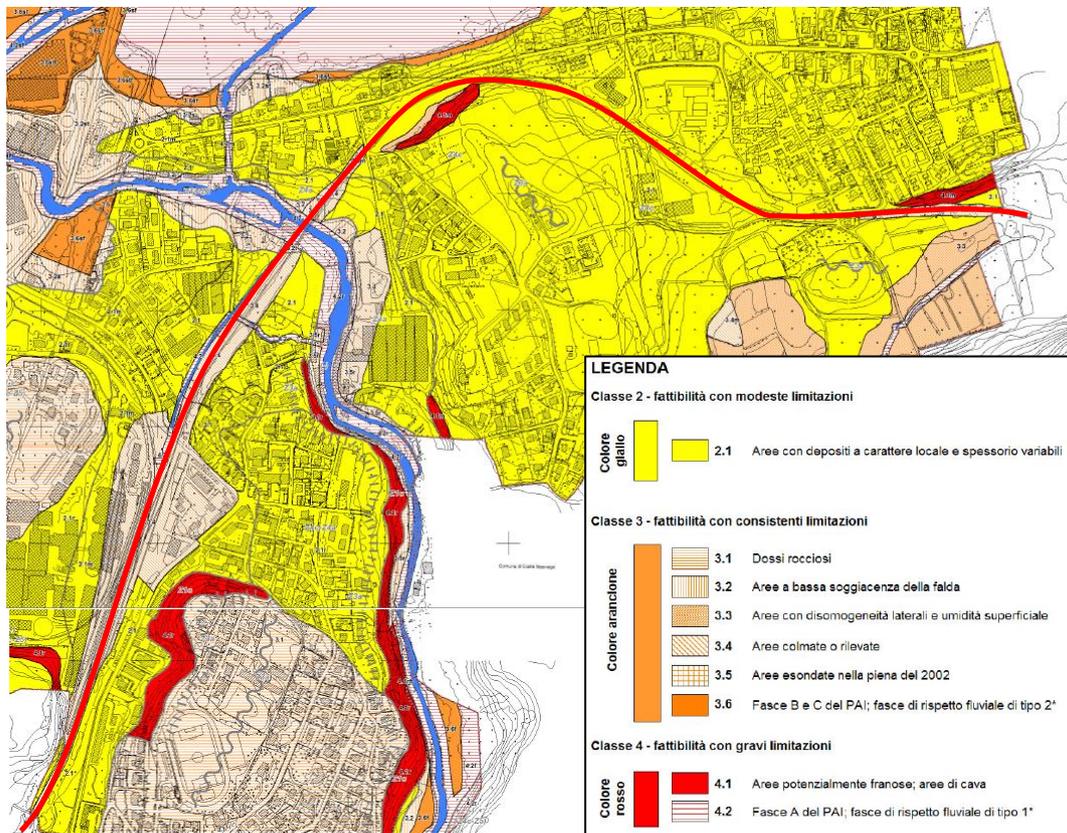
GE 0001 001

B

110 di 166



**Figura 8-32 - Stralcio della Carta di fattibilità geologica del comune di Lurago d'Erba (scala originale 1:10.000), Aprile 2010. In rosso è evidenziata l'area di progetto.**



**Figura 8-33 - Stralcio della Carta di fattibilità geologica del comune di Merone (scala originale 1:2.500), Gennaio 2009. In rosso è evidenziata l'area di progetto.**





STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

113 di 166

Figura 8-37 - Stralcio della Carta di fattibilità geologica del comune di Oggiono (scala originale 1:10.000), Aprile 2012.  
In nero è evidenziata l'area di progetto.

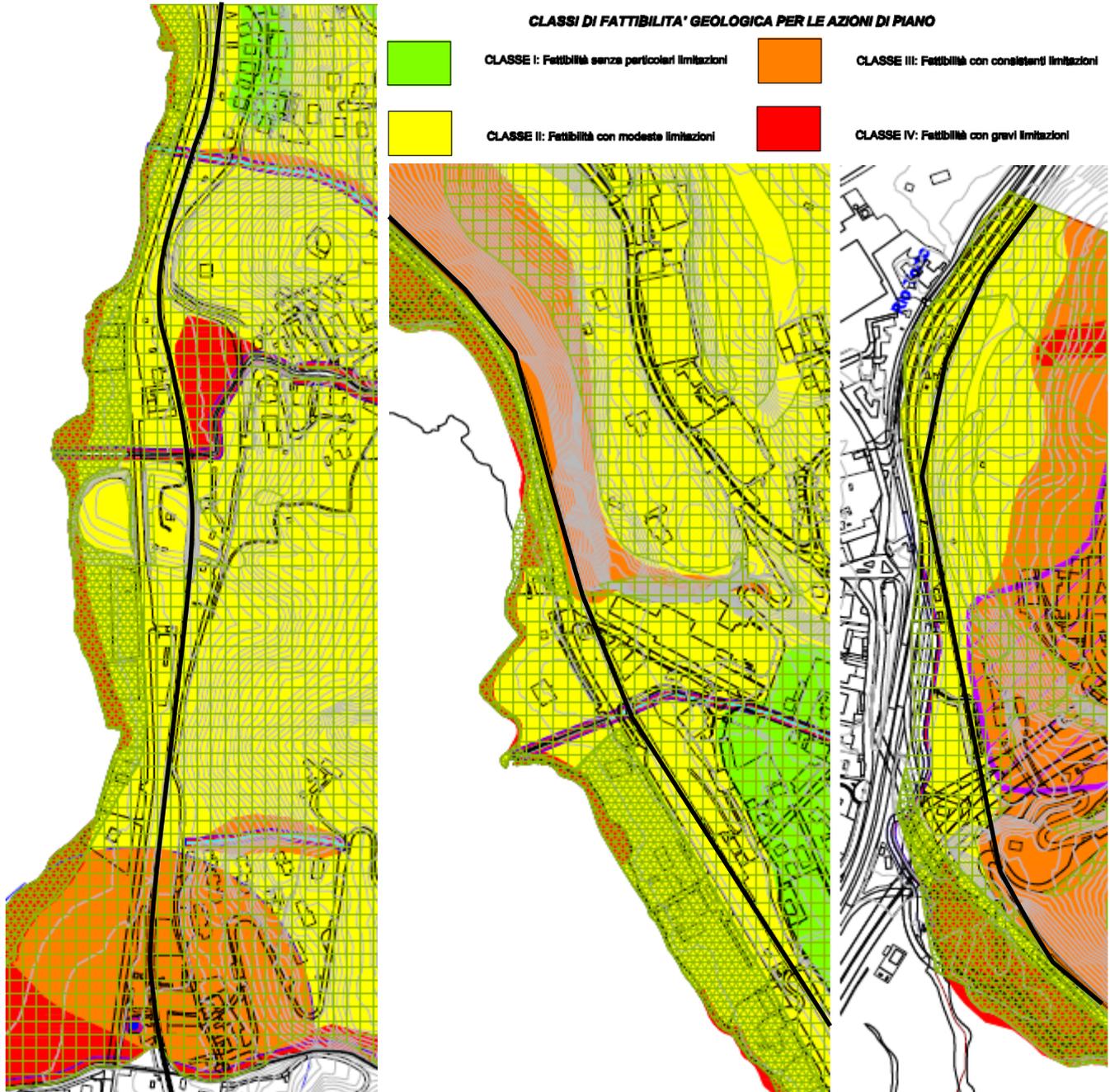


Figura 8-38 - Stralcio della Carta di fattibilità geologica del comune di Galbiate (scala originale 1:2.000), Maggio 2015.  
In nero è evidenziata l'area di progetto.

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

114 di 166

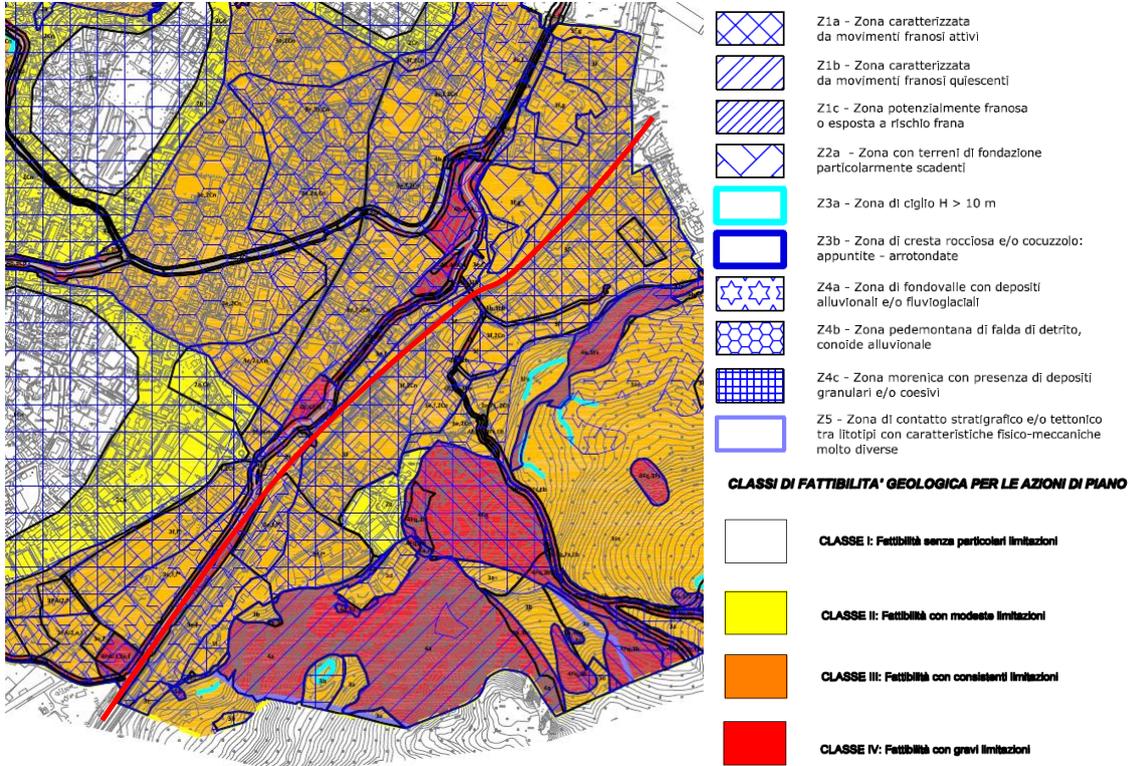


Figura 8-39 - Stralcio della Carta di fattibilità geologica del comune di Valmadrera (scala originale 1:2.000), Settembre 2017. In rosso è evidenziata l'area di progetto.

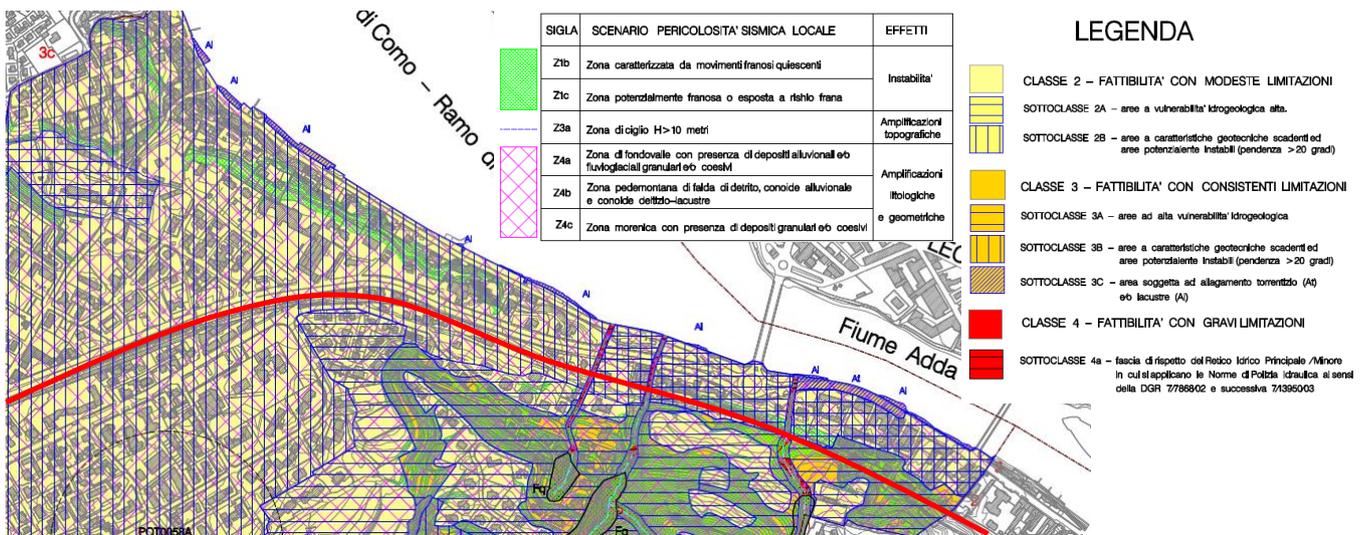


Figura 8-40 - Stralcio della Carta di fattibilità geologica del comune di Malgrate (scala originale 1:5.000), Febbraio 2012. In rosso è evidenziata l'area di progetto.

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

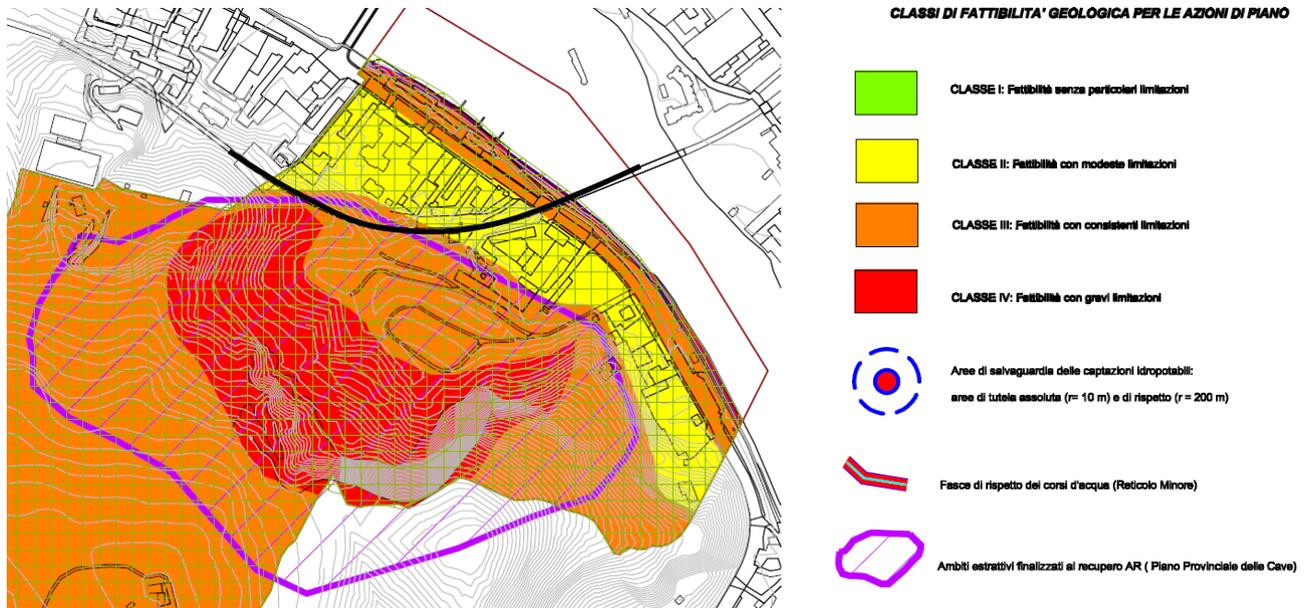
00

R 69 RG

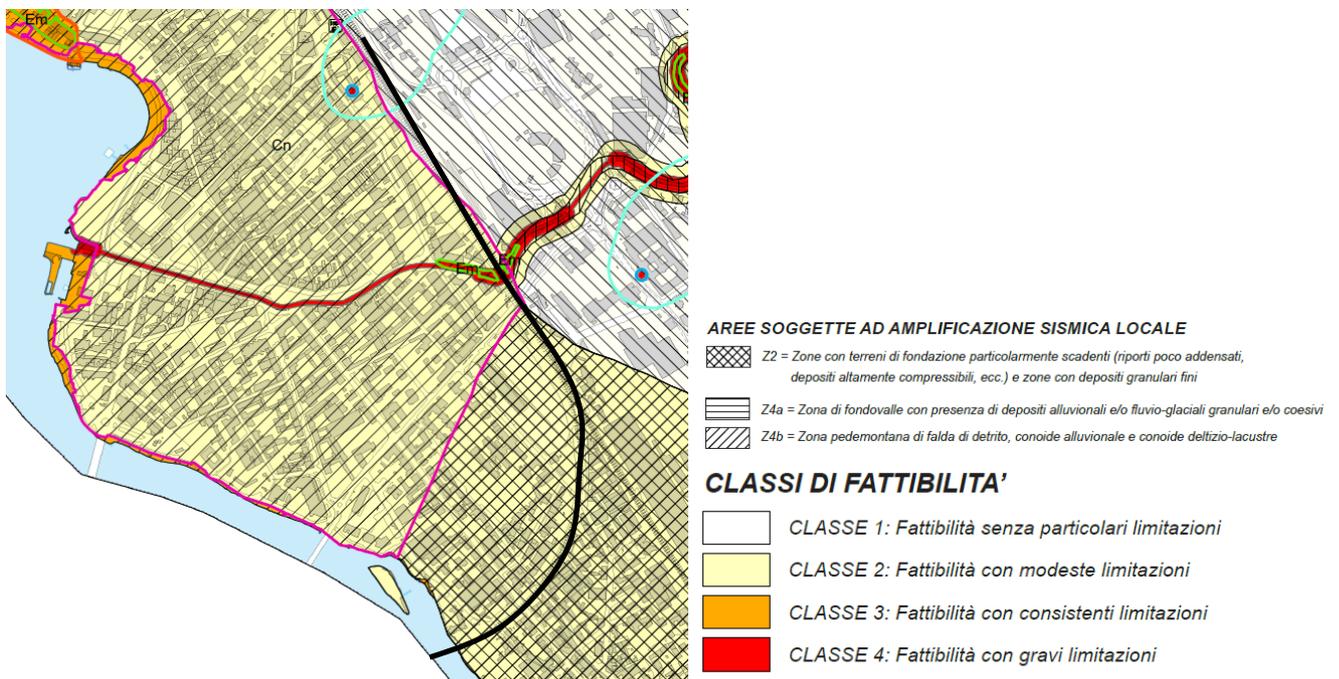
GE 0001 001

B

115 di 166



**Figura 8-41 - Stralcio della Carta di fattibilità geologica del comune di Galbiate (scala originale 1:2.000), Maggio 2015.  
In nero è evidenziata l'area di progetto.**



**Figura 8-42 - Stralcio della Carta di fattibilità geologica del comune di Lecco (scala originale 1:10.000), Gennaio 2015.  
In nero è evidenziata l'area di progetto.**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
	STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B

## 9 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per il presente progetto sono stati utilizzati i dati di n. 49 sondaggi reperiti da bibliografia, in particolare dalla Banca dati geologica del sottosuolo disponibile sul Geoportale della Lombardia e dall'Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo dell'ISPRA (Legge 464/1984). I sondaggi sono stati svolti in prossimità dell'area di interesse e quindi utile per la ricostruzione della stratigrafia dell'area.

Inoltre, è stata condotta una campagna di indagine finalizzata alla definizione del modello geologico-tecnico della linea ferroviaria Albate-Molteno-Lecco. Di seguito, sono riportate le indagini geognostiche già menzionate:

- esecuzione di n. 30 sondaggi geognostici spinti sino alla profondità massima di 45 m da p.c. con esecuzione di prove SPT, prove dilatometriche e prove di permeabilità Lefranc e Lugeon e prelievo di campioni rimaneggiati ed indisturbati;
- esecuzione di n.18 indagini geofisiche MASW + HVSR;
- esecuzione di n.2 tomografiche elettriche ERT.

Per quanto riguarda le stratigrafie e le risultanze delle indagini pregresse, delle indagini geognostiche e geofisiche e delle prove di laboratorio si fa riferimento rispettivamente agli elaborati Italferr LC0000R69RHGE0005001A, LC0000R69SGGE0001001A, LC0000R69IGGE0001001A e LC0000R69PRGE0001001A.

### 9.1 INDAGINI BIBLIOGRAFICHE

Nella Tabella 9-1 è riportata la profondità dei sondaggi reperiti dalla Banca dati geologica del sottosuolo Regione Lombardia e dall'Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo dell'ISPRA (Legge 464/1984), la quota e le coordinate in UTM 32 N.

**Tabella 9-1 – Ubicazione e profondità dei sondaggi del Database della Regione Lombardia**

Sondaggio	Profondità (m dal p.c.)	Quota (m s.l.m.)	Coordinate UTM Zone 32 N	
			E	N
B4A564940386	10	269	506463,9433	5070364,7420
B4A565820142	11.5	275	506548,4239	5070123,6660
B4D405678106	86	212	530536,9276	5078089,9830
B4D405918060	87.5	210.4	530563,0987	5078042,6000
B4D406458156	82	218	530618,3649	5078135,6300
B4D407438092	124.11	216.8	530717,7987	5078071,1860
B4D408557660	124	208	530819,0809	5077644,1340

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	117 di 166

B4D409037744	45	212.2	530872,6722	5077725,0540
B4D409227906	14.1	216	530893,2436	5077885,0630
B4D410397786	30	217	531002,0608	5077621,3690
B4D410816871	30	202.6	531054,2359	5076850,1490
B4D411387632	30	216	531117,3510	5077608,3280
B4D412167530	28	215	531191,9361	5077500,0290
B4D412187301	127.5	210.5	531198,2535	5077284,4250
B4D471705401	29.6	234.6	527142,3136	5075380,8880
B4D473775071	15.00	225.00	527349,2749	5075048,7430
B4D482536855	31.5	215	528225,3438	5076838,3030
B4D486407212	45	227	528605,6075	5077190,1430
B4D487437387	45	228.8	528712,6604	5077366,9480
B4D495817460	9	207	529556,0534	5077441,6090
B4D557000206	18	268	525674,0990	5070182,7600
B4D570251166	82.60	270.00	526997,2651	5071139,3670
B4D574951519	55	226	527466,3107	5071501,7640
B4D579742831	15	228	527947,3024	5072807,3530
B4D579802900	11	225	527956,3527	5072883,2290
B5A155899286	30.5	278	505561,8280	5069262,2880
B5A157629370	90	275	505735,0032	5069350,5770
B5A157849740	46	277	505759,9468	5069715,4540
B5A162728692	15	288.2	506244,9448	5068664,8100
B5A167829086	15	286.2	506756,7313	5069066,3930
B5A167979088	15	286.2	506771,1817	5069069,7550
B5A174469398	9	306	507419,1791	5069376,9470
B5A175729221	10.00	307.20	507546,3871	5069201,3920
B5A176768841	74.50	275.00	507650.96	5068822.16
B5A177418779	67.50	275.00	507716.30	5068759.98
B5B103467162	38.6	376	510311,9142	5067141,1700
B5B115595668	36.00	360.20	511535.84	5065648.04
B5B138156367	82.00	365.00	513786.15	5066341.87
B5B156917806	56	350	515668,3299	5067783,3190
B5B180089532	38.00	307.50	507984.60	5069517.64
B5B187147715	33.00	303.00	508686.97	5067693.56

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	118 di 166

B5B188318061	30.00	330.00	508804,5070	5068040,5910
B5B195797562	54.00	425.00	509548,3763	5067547,2170
B5D146049814	15	266	524576,5940	5069791,7430
B5D146079856	15	267	524586,8168	5069837,9800
B5D146089744	15	264	524585,2388	5069727,0880
20936	98	221	530858,0536	5077899,2003
20939	65	221	530870,1323	5077942,1600
20944	63	225	527617,9320	5072143,7682

## 9.2 CAMPAGNA INDAGINI ITALFERR 2022

A supporto del presente progetto, nel 2022 è stata condotta una campagna di indagini geognostiche e geofisiche, come descritto precedentemente.

In Tabella 9-2 riporta la sigla identificativa, la profondità, la data di esecuzione, il luogo di esecuzione, la quota e le coordinate in UTM Zone 32 N dei sondaggi geognostici eseguiti.

**Tabella 9-2 – Sondaggi geognostici campagna Italferr 2022**

ID	PROFONDITA' (m dal p.c.)	DATA ESECUZIONE	Quota (m s.l.m.)	Coordinate UTM Zone 32 N		ATTREZZATURA
				E	N	
S1 IV	40	24/02 - 03/03/22	283	506053	5068726	Piezometro T.A. (3")
S2 GA S2 GA bis	30	06 - 07/06/22	337	508126	5069023	Down-hole (3") Secondo foro limitrofo, realizzato a distruzione di nucleo di profondità 18.00 m, attrezzato a Piezometro T.A. (3")
S4 IV	30	10 - 12/03/22	341	509102	5067884	Piezometro T.A. (3")
S5 GA	45	30/03 - 06/04/22	364	509296	5067794	Piezometro T.A. (3")
S6 GA S6 GA bis	45	29/03 - 06/04/22	386	509563	5067584	Down-hole (3") Secondo foro limitrofo, realizzato a distruzione di nucleo di profondità 30.00 m, attrezzato a Piezometro T.A. (3")
S7 RI	27,5	08 - 09/03/22	335	510026	5066778	Piezometro T.A. (3")
S8 GA	30	07 - 09/04/22	362	510279	5066211	Piezometro T.A. (3")
S9 GA	30	30 - 31/05/22	354	510585	5066034	Down-hole (3")
S10 IV	30	14 - 16/03/22	367	511321	5066371	Piezometro T.A. (3")

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	119 di 166

S11 RI	30	16 - 18/03/22	360	511918	5066446	-
S12 GA	45	15 - 21/06/22	370	513 728	5066589	Piezometro T.A. (3")
S13 IV	40	19 - 22/03/22	335	514583	5066900	Piezometro T.A. (3")
S14 GA	30	14 - 22/04/22	340	515077	5067712	Piezometro T.A. (3")
S15 GA S15 GA bis	30	11 - 12/04/22	332	515307	5067886	Piezometro T.A. (3") Secondo foro limitrofo, realizzato a distruzione di nucleo, attrezzato a Down-hole (3")
S16 RI	25	22 - 23/03/22	314	516069	5067967	Piezometro T.A. (3")
S17 IV	30	28 - 29/03/22	290	518571	5069094	Piezometro T.A. (3")
S18 IV	40	20 - 26/03/22	280	519758	5070486	-
S19 IV	40	13 - 17/05/22	269	521115	5070314	Piezometro T.A. (3")
S20 IV	30	25 - 26/03/22	272	522009	5070129	-
S21 IV	40	23 - 25/03/22	272	522735	5069858	Piezometro T.A. (3")
S22 IV	40	24 - 26/03/22	271	522763	5069784	Down-hole (3")
S23 GA	30	21 - 23/06/22	268	526 375	5 070 929	Piezometro T.A. (3")
S24 IV	40	28/04 - 02/05/22	235	527868	5072251	Piezometro T.A. (3")
S25 GA	27	23 - 27/04/22	245	527505	5075085	Piezometro T.A. (3")
S26 IV	40	17 - 19/05/22	225	528510	5076909	Piezometro T.A. (3")
S27 IV	40	06 - 10/05/22	232	529151	5077389	Piezometro T.A. (3")
S29 GA	30	11 - 12/05/22	211	530462	5076925	Piezometro T.A. (3")
S30 IV	30	26 - 28/05/22	277	518988	5069805	-
S31 IV	30	21 - 23/05/22	265	523699	5069738	Piezometro T.A. (3")
S32 IV	30	19 - 20/05/22	209	530968	5077380	-

In Tabella 9-4 si riportano i valori di permeabilità calcolati con le prove Lefranc e Lugeon eseguite mentre in Tabella 9-3 si riportano i valori delle  $N_{spt}$  delle prove SPT effettuate durante l'esecuzione dei sondaggi.

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	120 di 166

**Tabella 9-3 Valori di N<sub>spt</sub> delle prove SPT eseguite nei sondaggi, campagna Italferr 2022**

Profondità	S1 IV	S2 GA	S4 IV	S5 GA	S6 GA	S7 RI	S8 GA	S9 GA	S10 IV	S11 RI	S12 GA	S13 IV	S14 GA	S15 GA	S16 RI	S17 IV	S18 IV
1,5	-	8	-	60	16	-	47	8	-	-	9	-	4	6	-	-	-
3	15	-	6	-	-	9	-	-	31	4	-	31	-	-	10	R	56
4,5	-	R	-	-	17	-	R	40	-	-	14	-	20	14	-	-	-
5	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	18	-	14	-	-	R	65	-	R	16	-	R	-	-	11	-	65
6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,5	-	34	-	-	71	-	-	-	-	-	R	-	50	24	-	-	-
9	R	-	R	R	-	17	R	31	R	R	-	R	-	-	-	-	R
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55	18	R	-	-
10,5	-	56	-	-	R	-	-	-	-	-	27	-	-	-	-	-	-
12	-	-	R	-	-	36	R	-	R	69	-	R	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34	21	-	-	-
13,5	-	56	-	-	-	-	-	27	-	-	53	-	-	-	-	-	-
15	22	-	R	-	-	50	66	-	R	57	-	R	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	23	-	-	-
16,5	-	R	-	-	-	-	-	14	-	-	57	-	-	-	-	-	-
18	20	-	-	-	-	R	R	-	-	37	-	R	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41	R	-	-	-
19,5	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	63	-	-	-	-	-	-
20	-	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	51	-	-	-	-	83	61	-	-	30	-	R	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	R	-	-	-
22,5	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-	57	-	-	-	-	-	-
24	74	-	-	-	-	66	56	-	-	50	-	R	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73	R	-	-	-
25,5	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-	R	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	54	R	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R	R	-	-	-
28,5	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-	68	-	-	-	-	-	-
30	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-
31,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	-	-	-	-	-	-
34,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	-	-	-	-	-	-
36	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-
37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38	-	-	-	-	-	-
39	63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-
40,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	-	-	-	-	-	-
43,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	-	-	-	-	-	-

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

121 di 166

Profondità	S19 IV	S20 IV	S21 IV	S22 IV	S23 GA	S24 IV	S25 GA	S26 IV	S27 IV	S29 GA	S30 IV	S31 IV	S32 IV
1,5	-	-	-	-	-	-	27	-	-	5	33	15	R
3	2	22	R	2	R	24	-	8	15	-	11	23	R
4,5	-	-	-	-	-	-	R	-	-	2	7	2	R
6	-	42	R	R	24	50	-	-	7	-	31	3	R
6,5	2	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-
9	3	42	R	10	21	-	-	9	28	-	R	5	83
10	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-
10,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-
12	5	-	-	-	16	-	-	-	29	-	-	3	65
13	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-
13,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
15	65	63	R	24	12	-	-	-	30	-	-	2	R
16,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
18	R	-	R	71	12	-	-	6	39	-	-	1	77
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
21	-	R	R	R	31	-	-	5	41	-	-	0	67
22	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-
24	-	-	R	R	R	-	-	8	23	-	-	0	86
25,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-
27	-	-	-	-	R	-	-	-	35	-	-	0	-
28,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-
29,5	-	-	-	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	9	24	-	-	-	R
33	-	-	-	-	-	-	-	-	38	-	-	-	-
36	-	-	-	-	-	-	-	-	28	-	-	-	-
39	-	-	-	-	-	-	-	-	22	-	-	-	-

**Tabella 9-4 – Valori di K (m/s) calcolati tramite prove di permeabilità Lefranc (LF) e Lugeon (LG) eseguite in foro di sondaggio, campagna Italferr 2022**

ID sondaggio	Profondità della prova (m da p.c.)	Valore K (m/s)
S1 IV_LF1	5.0 – 6.0	2.6 E-5
S2 GA_LF1	9.0 – 10.0	1.5 E-5

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

122 di 166

ID sondaggio	Profondità della prova (m da p.c.)	Valore K (m/s)
S2 GA_LF2	17.0 – 18.0	2.4 E-6
S4 IV_LF1	7.0 – 7.5	5.2 E-4
S5 GA_LF1	18.0 - 21.0	6.2 E-6
S5 GA_LG1	28.0 - 36.0	2.9 E-6
S6 GA_LG1	25.0 - 27.0	1.29 E-5
S6 GA_LG2	30.0 - 32.0	8.66 E-6
S7 RI_LF1	2.5 - 3.0	8.5 E-6
S8 GA_LF1	7.0 – 7.5	4.1 E-6
S8 GA_LF2	10.0 – 11.0	3.7 E-5
S9 GA_LF1	1.5 – 2.3	5.8 E-5
S9 GA_LF2	7.0 – 8.0	7.1 E-5
S10 IV_LF1	7.0 – 7.5	1.4 E-5
S11 RI_LF1	3.0 – 3.5	2.2 E-5
S12 GA_LF1	20.0 – 20.5	1.4 E-5
S12 GA_LF2	25.0 – 25.5	1.1 E-5
S13 IV_LF1	3.0 – 3.5	1.3 E-5
S14 GA_LF1	7.5 – 8.5	9.8 E-5
S14 GA_LF2	12.0 – 13.0	1.4 E-4
S15 GA_LF1	5.0 – 6.0	1.1 E-4
S15 GA_LF2	9.2 – 10.0	4.4 E-5
S16 RI_LF1	1.5 – 2.0	2.1 E-4
S17 IV_LF1	6.0 – 7.0	4.7 E-6
S18 IV_LF1	2.0 – 2.5	6.8 E-5
S19 IV_LF1	2.0 – 2.5	9.6 E-6
S20 IV_LF1	2.5 – 3.0	3.3 E-5
S21 IV_LF1	2.5 – 3.0	9.2 E-7
S22 IV_LF1	8.3 – 9.0	1.3 E-5
S23 GA_LF1	2.0 – 2.5	1.2 E-4
S23 GA_LF2	8.0 – 8.5	5.9 E-5
S25 GA_LF1	5.0 – 6.0	1.1 E-4
S25 GA_LF2	10.0 – 11.0	6.8 E-5
S26 IV_LF1	1.5 – 2.0	2.0 E-4
S27 IV_LF1	5.0 – 5.5	8.3 E-7
S29 GA_LF1	10.0 – 10.5	3.9 E-6
S29 GA_LF2	15.0 – 15.5	1.2 E-5
S30 IV_LF1	1.5 – 2.0	9.3 E-6

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
	STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B

ID sondaggio	Profondità della prova (m da p.c.)	Valore K (m/s)
S32 IV_LF1	2.5 – 3.0	6.9 E-5

In Tabella 9-5, invece, si riportano le prove dilatometriche eseguite nei fori di sondaggio S5, S6 e S25.

**Tabella 9-5 – Prove dilatometriche eseguite nei fori di sondaggio.**

ID sondaggio	Profondità della prova (m da p.c.)
S5 GA_DRT1	26.0-27.0
S5 GA_DRT2	21.0-22.0
S6 GA_DRT1	31.0-32.0
S6 GA_DRT2	26.0-27.0
S25 GA_DRT1	24.0-25.0
S25 GA_DRT2	20.0-21.0

In Tabella 9-6 si riporta la sigla identificativa, le coordinate in UTM Zone 32 N, la velocità equivalente delle onde di taglio Vs e la relativa Categoria di suolo delle indagini geofisiche MASW ed HVSr.

Per ultimo, in Tabella 9-7 è riportata sigla identificativa e le coordinate in UTM Zone 32 N delle indagini tomografiche eseguite.

**Tabella 9-6 - Prove geofisiche MASW-HVSR, campagna Italferr 2022**

ID	Coordinate UTM Zone 32 N		Vs, eq [m/sec]	Classe di suolo
	E	N		
MASW-HVSR 1	506057	5068729	286.37	C
MASW-HVSR 2	507011	5069231	304.25	C
MASW-HVSR 3	508588	5068274	425.38	B
MASW-HVSR 4	509105	5067885	485.72	B
MASW-HVSR 5	510029	5066776	367.51	B
MASW-HVSR 6	511921	5066442	367.67	B
MASW-HVSR 7	514585	5066894	375.30	B
MASW-HVSR 8	516847	5068108	329.65	C
MASW-HVSR 9	518573	5069094	494.25	B
MASW-HVSR 10	519763	5070492	434.32	B
MASW-HVSR 11	521122	5070319	372.29	B
MASW-HVSR 12	523700	5069739	236.21	C
MASW-HVSR 13	527869	5072247	361.89	B
MASW-HVSR 14	527508	5075073	365.97	B
MASW-HVSR 15	528515	5076919	301.89	C

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	124 di 166

ID	Coordinate UTM Zone 32 N		Vs, eq [m/sec]	Classe di suolo
	E	N		
MASW-HVSR 16	529153	5077392	340.59	C
MASW-HVSR 17	530463	5076921	250.71	C
MASW-HVSR 18	530970	5077381	390.84	B

**Tabella 9-7 – Indagini tomografiche, campagna Italferr 2022**

ID	Coordinate UTM Zone 32 N	
	E	N
ERT1	513396	5066659
ERT2	526557	5071126

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p align="center"><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>LC00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 001</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>125 di 166</p>

## 10 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Nel presente paragrafo viene effettuata una descrizione della stratigrafia delle aree di studio sulla base della consultazione dei sondaggi effettuati durante la campagna indagini effettuata nel 2022 e da quelli progressi disponibili (vedi paragrafi 9.1 e 9.2) sulla base del profilo geologico lungo il tracciato oggetto di elettrificazione riportato negli elaborati di riferimento LC0000R69L5GE0001001-9A.

L'area di studio si imposta prevalentemente su depositi ghiaiosi, sabbiosi e limosi fluvioglaciali pleistocenici, in parte ricoperti dai depositi fluviali quaternari del Sintema del Po (POI).

L'area di progetto è caratterizzata per la maggior parte della sua estensione dalla presenza di materiale di riporto nei primi 1-2 m sotto al p.c.

Partendo da est lungo il profilo del tracciato si trovano i sondaggi S32 IV e S29 GA (quest'ultimo svolto in corrispondenza dell'imbocco della Galleria Lecco-Del Porto i quali sono stati spinti fino ad una profondità di 30 m da p.c. e sono caratterizzati prevalentemente dalla presenza di depositi ghiaioso-sabbiosi, occasionalmente limosi ascrivibili ai depositi fluvioglaciali del Supersintema di Cantù e, solo nel sondaggio S32 IV, anche ai sovrastanti depositi fluviali del Sintema del Po (POI); in particolare si nota nel sondaggio S29 GA, da 0 a circa 21 m, la presenza delle alternanze di sabbie limose e limi sabbiosi in cui è assente la frazione ghiaiosa. Tali depositi a litologia prevalentemente ghiaiosa sono inoltre confermati dai diversi sondaggi bibliografici riportati in carta e nel profilo. Si ritiene importante evidenziare come il sondaggio S29 evidenzi scendenti proprietà geotecniche dei terreni sabbiosi – limosi, desunte dalle risultanze delle prove SPT, sino a 20 m da p.c.

Procedendo verso nord-ovest, osservando il sondaggio S27 IV mostra la continuità nell'alternanza di livelli sabbioso-ghiaiosi con orizzonti sabbioso-limosi fino ai 40 m di profondità di fine sondaggio, così come indicato anche dai sondaggi bibliografici B4D487437387 e B4D486407212.

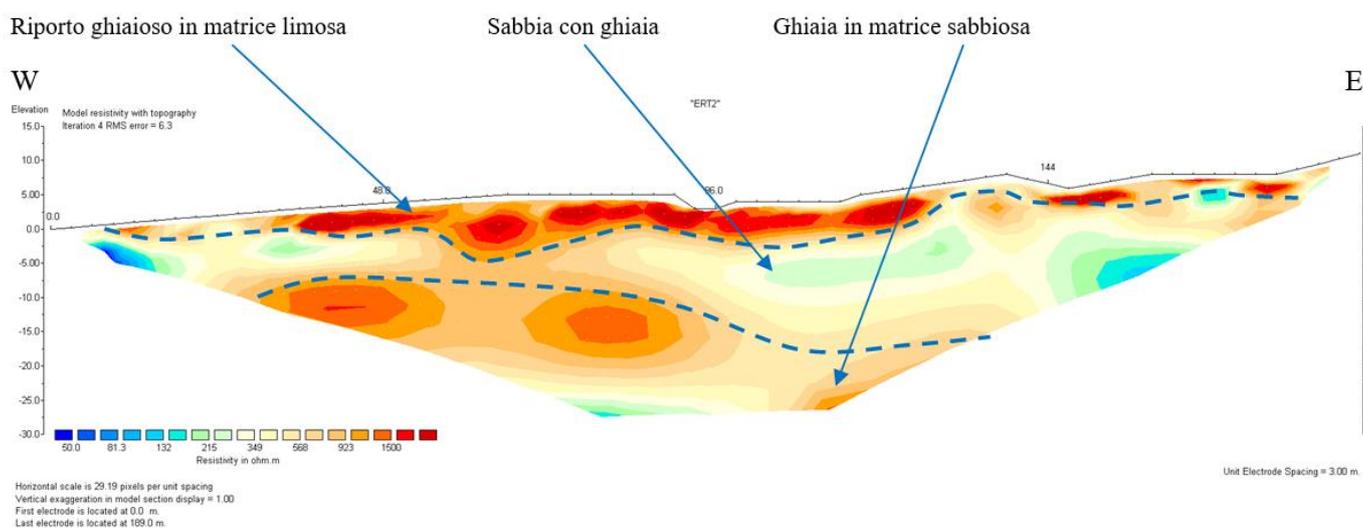
La frazione ghiaiosa è totalmente assente nel sondaggio S26 IV, spinto fino 40 m da p.c. e nell'indagine bibliografica B4D482536855, in cui i depositi del Supersintema di Cantù sono prevalentemente sabbioso-limosi. Procedendo verso sud lungo il tracciato i depositi fluvioglaciali del Supersintema di Cantù si trovano sotto ai depositi fluviali del Sintema del Po (POI) e sono depositi sopra alle rocce delle unità della Dolomia Principale (DPR) ed ai Calcari di Zu (ZUU). Nell'area di Civate, nei pressi della galleria di S. Lazzaro è presente un'area in cui il CARG (Foglio 076 "Lecco") individua un'area di cava attiva e dunque nella quale si ipotizza la presenza di riporto in spessori di circa 5 m. A sud di tale area, in corrispondenza della Galleria S. Lazzaro, è stato eseguito il sondaggio S25 GA che raggiunge i 27 m di profondità da p.c. e individua fino a 10,5 m depositi di riporto antropico posti sopra a calcari marnosi attribuibili alla formazione del Calcare di Moltrasio (MOT).

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>LC00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 001</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>126 di 166</p>

In direzione sud-est la tratta ferroviaria si sviluppa sui depositi Quaternari e Pleistocenici alluvionali e fluvioglaciali (POI e LCN) deposti sopra alle unità calcareo-marnose terrigene della Successione Sedimentaria delle Alpi Meridionali. Tale stratigrafia è presente per circa 4.5 km lungo la tratta ferroviaria ed è stata indagata mediante il sondaggio bibliografico B4D570251166 e il sondaggio realizzato per il presente progetto S24 IV; quest'ultimo, ubicato sulla sponda orientale del lago di Annone, incontra fino ad una profondità di circa 6 m da p.c., alternanze di sabbie-limose e limi debolmente sabbiosi, entrambi depositi fluviali del Sintema del Po (POI), al di sotto di questi si trovano depositi flyshoidi delle Arenarie di Sarnico (SAR), costituite da un'alternanza di litotipi arenacei e pelitici.

In direzione sud-ovest, a circa 1,55 km di distanza lungo il profilo dal sondaggio S24IV, si trova il sondaggio B4D570251166, tratto da bibliografia e spinto fino alla profondità di 80 metri di profondità da p.c., che evidenzia la presenza di depositi caratterizzati da granulometria grossolana (ghiaia e sabbia) per i primi 12 metri; in questi primi metri risulta evidente anche un livello conglomeratico potente circa tre metri ed ubicato alla profondità di circa 10 metri da piano campagna. Al di sotto di tali depositi si ritrovano circa 14 metri di roccia fratturata, mentre dalla profondità di circa 26 metri da piano campagna il materiale litoide calcareo non risulta più fratturato ed è riconoscibile come appartenente alla formazione delle Arenarie di Sarnico (SAR).

Per caratterizzare i depositi in cui è impostata la galleria di Oggiono è stato eseguito il sondaggio S23 GA, a 650 m circa a sud ovest del sondaggio sopra citato. I sondaggio S23 incontra per l'intera colonna stratigrafica di trenta metri soltanto depositi fluvioglaciali appartenenti al Supersintema di Cantù e l'indagine tomografica TOMO\_2, di seguito riportata.



**Figura 10-1 - Elaborazione tomografica dei dati in merito al parametro della resistività elettrica, stendimento ERT\_2.**

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  127 di 166

Il sondaggio evidenzia, dopo un iniziale tratto di circa un paio di metri di materiale di riporto, la presenza di circa tre metri di materiale grossolano (ghiaia e sabbia) al di sotto del quale si ha una diminuzione di classe granulometrica, passando, dopo un'iniziale alternanza di livelli di ghiaie e sabbie con livelli sabbiosi debolmente limosi a depositi di sabbie debolmente limose e limi debolmente sabbiosi fino a fondo foro. L'unico livello grossolano, caratterizzato dalla presenza di ghiaie, si incontra alla profondità di 19 metri ma presenta uno spessore limitato a circa un metro.

Il successivo sondaggio S31, spinto sino alla profondità di 30 m da p.c., evidenzia per l'intera successione stratigrafica investigata depositi limosi con scadenti proprietà geotecniche, desunte dalle risultanze delle prove SPT. L'adiacente indagine geofisica suggerisce la presenza di depositi maggiormente consistenti a partire da 34 m da p.c.

I successivi sondaggi, S22 IV e S21 IV, collocati lungo la tratta in corrispondenza dell'opera "Cavalcavia Via Mazzini", nei pressi della località Luzzana, evidenziano per i primi circa 25 metri la presenza di depositi grossolani, prevalentemente ghiaia e sabbia con scarsa presenza di frazione fine. Comune ad entrambi è la presenza di una lente di materiale con caratteristiche granulometriche più fini (sabbia e limo) alla profondità di circa 10 metri. Tale orizzonte risulta potente circa il doppio (circa otto metri) nel sondaggio S22 IV rispetto al sondaggio S21 IV. Al di sotto dei depositi alluvionali entrambi i sondaggi incontrano il substrato roccioso costituito da litologie calcaree e terrigene appartenenti alla formazione dei Flysch di Bergamo, caratterizzata dall'alternanza di peliti, calcari marnosi ed arenarie (FBG).

Una stratigrafia simile è riscontrabile nel sondaggio S20 IV, collocato in corrispondenza del Cavalcavia Via delle Brianne, dove i depositi sedimentari presentano granulometria più fine (sabbie limose e sabbie e limo) nei primi otto metri per poi passare a sabbie e ghiaie fino alla profondità di 19 metri. Al di sotto di questi depositi il substrato roccioso incontrato ha le medesime caratteristiche di quello descritto nei sondaggi S22 IV e S21 IV.

Circa 913 m ad ovest del sondaggio S20 IV, in località Casletto, il sottosuolo è stato indagato in prossimità della linea ferroviaria mediante il sondaggio S19 IV, che evidenzia nei primi tre metri la presenza di terreno vegetale e torba, successivamente, fino alla profondità di circa 21 metri il sondaggio attraversa depositi appartenenti al Supersintema di Cantù (LCN); in questo caso tali depositi presentano per l'intero spessore una granulometria prevalentemente fina caratterizzata dalla presenza di sabbia e limo; una lente di materiale grossolano (ghiaia) si ritrova soltanto tra i 15 ed i 21 metri di profondità da p.c. Al di sotto dei depositi fluvioglaciali, come nei precedenti sondaggi, si ritrova il substrato roccioso calcareo marnoso argillitico del Flysch di Bergamo (FBG). Proseguendo lungo la linea è stato eseguito il sondaggio S18, ove è prevista una passerella ciclopedonale, il quale al di sotto di 15 m di depositi sabbioso-ghiaioso evidenzia anch'esso il substrato roccioso costituito da alternanze di calcari marnosi di colore grigio chiaro e argilliti marnose del Flysh di Bergamo e sondaggio S30 che presenta la medesima successione con depositi calcarei marnosi a partire da 10 m da p.c.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  128 di 166

A sud ovest di quest'ultimo sondaggio, in prossimità della località "Nobile" per il presente progetto è stato eseguito il sondaggio S17 IV dal quale si evidenziano, dopo un paio di metri di materiale di riporto, depositi grossolani (ghiaie e ciottoli) appartenenti al Supersistema di Cantù (LCN) al di sotto dei quali fino a fondo foro (30 metri) la perforazione attraversa sempre substrato roccioso, costituito da litotipi marnosi appartenenti al Flysch di Bergamo (FBG), che affiora in carta lungo la tratta ferroviaria.

Spostandosi verso sud ovest lungo la linea ferroviaria lungo la tratta, a circa 300 m di distanza dal sondaggio S17 IV ed in corrispondenza del Cavalcavia Via Cava Marna, sotto ai depositi fluvioglaciali, nel bedrock, si ipotizza il contatto tra il Flysch di Bergamo (FBG) e i calcari marnosi della Formazione di Brenno (BNN), entrambe le unità del Cretaceo superiore sono interessate dalla tettonica (faglie e pieghe), e in particolare all'interno dei calcari e delle marne della Formazione di Brenno il CARG (Foglio 096 "Seregno") evidenzia lungo il tracciato ferroviario la presenza di una sinforme.

Muovendosi ancora verso ovest, in prossimità della località Anzano del Parco, ad ovest rispetto al sondaggio S17 IV, sono ubicati tre sondaggi: S16 RI, S15 GA e S14 GA, svolti per caratterizzare i depositi della Galleria Colle di Fabbrica. Il primo di questi risulta essere l'unico ad intercettare il substrato roccioso costituito dalle marne della Formazione di Brenno (BNN) a circa 11,5 m di profondità da p.c., mentre tutti e tre i sondaggi attraversano depositi sedimentari attribuibili al Supersistema di Cantù (LCN). I tre sondaggi incontrano nella porzione più superficiale depositi caratterizzati da granulometrie fini, prevalentemente sabbia e limo, e nelle zone più profonde da sedimenti più grossolani, prevalentemente sabbia e ghiaia. Si nota che, spostandosi da est verso ovest (dal sondaggio S16 RI al sondaggio S14 GA) tale cambio di granulometria si incontra prima a profondità più elevate (sondaggio S16 RI circa 11 metri), poi si registra un abbassamento (S15 GA circa 19 metri da p.c.) per poi registrare nuovamente un innalzamento (S14 GA circa 12 metri di profondità da p.c.). Questa evidenza testimonia una variazione di spessore dei depositi a granulometria più fina, i quali raggiungono il loro massimo spessore di circa 20 m nella zona circostante il sondaggio S15 GA.

Oltre ai sondaggi appena citati, tra i sondaggi S16 RI e S15 GA in direzione sud rispetto a questi ultimi è collocato il sondaggio B5B156917806 recuperato dalla banca dati geologica di sottosuolo della regione Lombardia e distante 178 m dalla tratta in progetto. Tale sondaggio evidenzia in maniera ancora più marcata le caratteristiche osservate nei sondaggi descritti in precedenza, con il passaggio da una granulometria più fina (in questo caso argilla e limo) ad una più grossolana (sabbia e ghiaia) nella parte sottostante, andando poi ad intercettare il substrato roccioso (marne della Formazione di Brenno) a circa 70 metri di profondità dal piano campagna.

A sud-ovest dei sondaggi appena descritti, a circa 1,05 km dal sondaggio S14 GA, è ubicato il sondaggio S13 IV il quale attraversa per i primi tre metri terreno vegetale per poi intercettare depositi grossolani (ghiaia e sabbia)

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

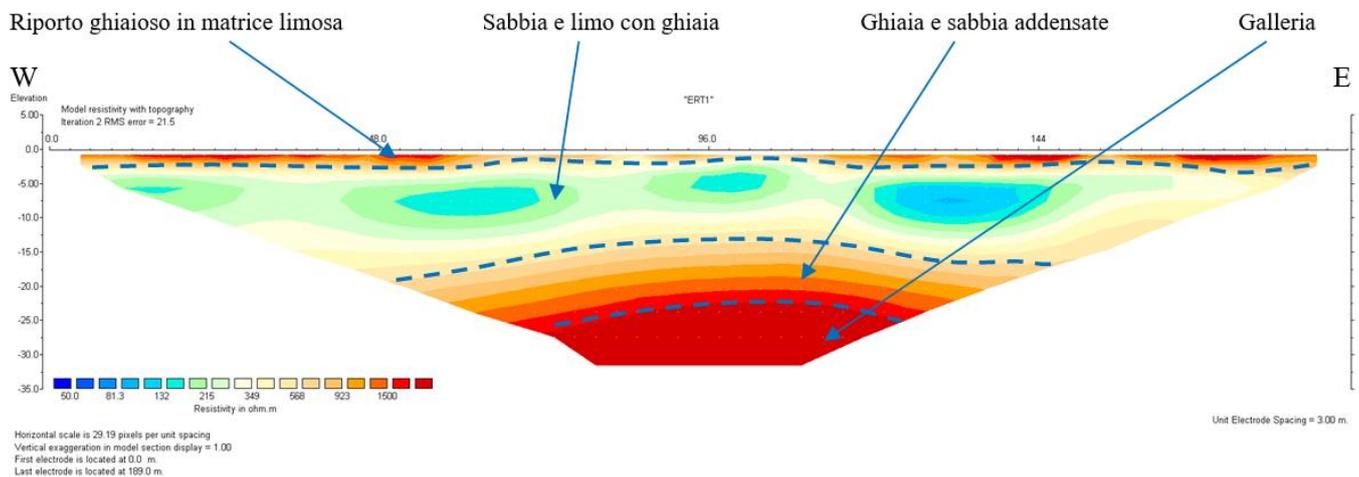
GE 0001 001

B

129 di 166

appartenenti al Supersistema di Cantù (LCN) e nei metri rimanenti fino a fondo foro depositi appartenenti all'unità di Cadorago del Supersistema di Besnate (BEE). Tali depositi sono prevalentemente costituiti da sabbia debolmente limosa con presenza livelli ghiaiosi e ciottolosi. Circa 500 m ad ovest del sondaggio S14 GA, sotto ai depositi del Supersistema di Cantù (LCN) compare il diamicton del Sintema di Cascina Fontana (BOF) indagato dal sondaggio S12 GA (svolo presso la Galleria Colle del Terrò), spinto fino a 45 m di profondità da p.c. e che ha rinvenuto depositi ghiaioso-sabbioso-limosi.

Nel presente tratto è stata eseguita inoltre l'indagine geoelettrica ERT1 in corrispondenza della galleria ferroviaria, di seguito riportata.



**Figura 10-2 - Elaborazione tomografica dei dati in merito al parametro della resistività elettrica, stendimento ERT\_1.**

Ad ovest del sondaggio S12 GA, per circa 1 km, affiorano i depositi glaciali del Sintema della Specola (PEO) e successivamente ritorna in superficie il diamicton del Sintema di Cascina Fontana (BOF) a sud della località Cascina Pelada, dove è ubicato il sondaggio S11 RI. Tale sondaggio individua, sotto a circa 2 m di terreno vegetale, sabbie e ghiaie, con livelli limosi.

Ad ovest dell'ultima stratigrafia analizzata, ricompaiono in superficie i depositi glaciali del Sintema della Specola (PEO) indagati dal sondaggio S10 IV, realizzato per il presente progetto, e il sondaggio da bibliografia B5B115595668, ubicato a circa 700 m dalla tratta soggetta a elettrificazione. Il sondaggio S10 IV ha individuato sabbia limosa per i primi otto metri di profondità, oltre i quali dopo un livello di sabbie potente circa un metro la componente limosa diventa predominante (limi sabbiosi), tali depositi sono ascrivibili al Sintema della Specola costituito da depositi glaciali. Al di sotto di questi depositi si ritrovano, per uno spessore di circa 13 metri, livelli arenacei intercalati ad argille, probabilmente appartenenti ai depositi delle Peliti di Prestino (RSI), depositi sopra a conglomerati potenti circa un paio di metri (fino ai 30 m di fondo foro), probabilmente attribuibili ai conglomerati

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  130 di 166

della Formazione di Como (FCM). Gli stessi litotipi sono individuati dal sondaggio B5B115595668, che è stato utilizzato solamente per stimare la quota del bedrock data la distanza elevata dall'area di progetto.

Lungo la tratta ferroviaria, a circa 500 m di distanza a ovest del sondaggio B5B115595668 affiorano nuovamente i depositi fluvioglaciali del Supersintema di Cantù, indagati dai sondaggi S9GA, S8 GA e S7 RI presso la Galleria di Montressone. La stratigrafia derivante dal sondaggio S8 GA evidenzia per tutta la colonna stratigrafica (30 metri di profondità) la presenza di sedimenti prevalentemente grossolani (sabbia e ghiaia) intervallati da scarse lenti di sabbia e limo o di sabbie debolmente limose. La presenza di un trovante alla profondità di circa 9 metri è probabilmente legata all'ambiente deposizionale di tali sedimenti, ovvero quello glaciale. A nord di tale sondaggio si trova il sondaggio S7 RI è caratterizzato nella prima parte (fino a circa 20 metri di profondità) da sabbie debolmente limose, mentre nella porzione più profonda (fino a circa 25 metri) la componente limosa subisce un incremento. Nella parte terminale del sondaggio, da 25 metri fino a fondo foro (circa 27 metri) si evidenzia la presenza di sedimenti più grossolani caratterizzati prevalentemente da ghiaie e sabbie. A nord ovest del sondaggio S7 RI, tra le località di Montecastello e Senna Comasco sono stati perforati tre nuovi sondaggi (S6 GA, S5 GA, S4 IV) mentre due sono stati acquisiti dalla banca dati regionale (B5B195797562, B5B188318061). Osservando le stratigrafie di tutti i sondaggi da SE verso NW (dal sondaggio B5B195797562 al sondaggio B5B188318061) risulta evidente come si abbia una progressiva diminuzione di spessore dei depositi glaciali caratterizzanti quest'area ed appartenenti al Sintema di Cantù (LCN), e come questi siano presenti là dove si registrano le quote topografiche più alte (verso SE), mentre spostandosi verso NW nel sottosuolo si incontrino sempre più depositi appartenenti al bedrock (Peliti di Prestino).

Per caratterizzare la Galleria di Montecastello si fa riferimento ai due sondaggi più a est (B5B195797562 e S6 GA) che attraversano i depositi glaciali appartenenti al Sintema di Cantù (LCN, depositi per la prima parte della colonna stratigrafica sono caratterizzati da un'alternanza di ghiaie e sabbie per poi passare a sedimenti più fini (argille) nella parte inferiore) ed individuando, nel sondaggio svolto per la presente fase progettuale, alla profondità di 12 m circa da p.c. alternanze di arenarie e peliti associabili alle Peliti di Prestino. Nel sondaggio B5B195797562 a 52 m di profondità da p.c. compaiono arenarie appartenenti alle Peliti di Prestino (RSI). I primi 21 metri del sondaggio S5 GA sono caratterizzati sempre da depositi grossolani fluvioglaciali, mentre da questa quota fino a fondo foro i depositi incontrati sono di natura arenacea ed argillitica ed appartengono alle Peliti di Prestino (RSI). Una situazione simile è riscontrabile nel sondaggio S4 IV.

Il sondaggio S2 GA, svolto presso la Galleria Colle di Trecallo, perforato a NW di quelli descritti in precedenza ed ubicato nel centro abitato di Albate evidenzia nuovamente un importante spessore di depositi glaciali appartenenti al Supersintema di Cantù caratterizzati da un'alternanza di livelli più grossolani (sabbie e ghiaie) a livelli di materiale più fino (sabbia e limo) per i primi 15 metri di spessore, al di sotto dei quali fino a fondo foro (30 metri) si incontrano

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  131 di 166

depositi arenacei alternati a livelli di marne appartenenti alle Peliti di Prestino. Una situazione simile si riscontra nei due sondaggi B5B180089532 e B5A175729221 acquisiti dal portale regionale e rispettivamente collocati ad est ed a ovest rispetto al sondaggio S2 GA. In particolare, il sondaggio B5B180089532 presenta per i primi 10 metri depositi grossolani (ghiaie e ciottoli) classificabili come depositi glaciali del Supersistema di Cantù e per il restante spessore (28 metri) depositi marnosi appartenenti ai depositi delle Peliti di Prestino. Il sondaggio B5A175729221 è profondo soltanto 10 metri ed attraversa per la sua interezza livelli macroclastici del Supersistema di Cantù (LCN).

Il sondaggio eseguito più a ovest lungo la tratta ferroviaria è S1 IV, collocato ad ovest del centro abitato di Albate. Dalla sua stratigrafia si evidenzia un'alternanza di livelli caratterizzati da sedimenti a granulometria più grossolana (sabbia e ghiaia) e più fine (sabbia e sabbia debolmente limosa) nella parte alta della colonna stratigrafica, fino alla profondità di 10 metri. Dalla profondità appena indicata, fino a fondo foro (40 metri) l'alternanza di tali livelli continua registrando un incremento di spessore dei singoli livelli, si raggiungono spessori di dieci metri.

Per ciò che concerne la falda acquifera, come già evidenziato nei paragrafi precedenti, si hanno valori di soggiacenza fortemente variabili lungo la linea ferroviaria oggetto di studio. In seguito al monitoraggio piezometrico si evince come si hanno soggiacenze prossime al piano campagna in corrispondenza del sondaggio S19 e con valori medi nel resto dei piezometri monitorati, compresi tra i 2 e i 5 m da p.c.

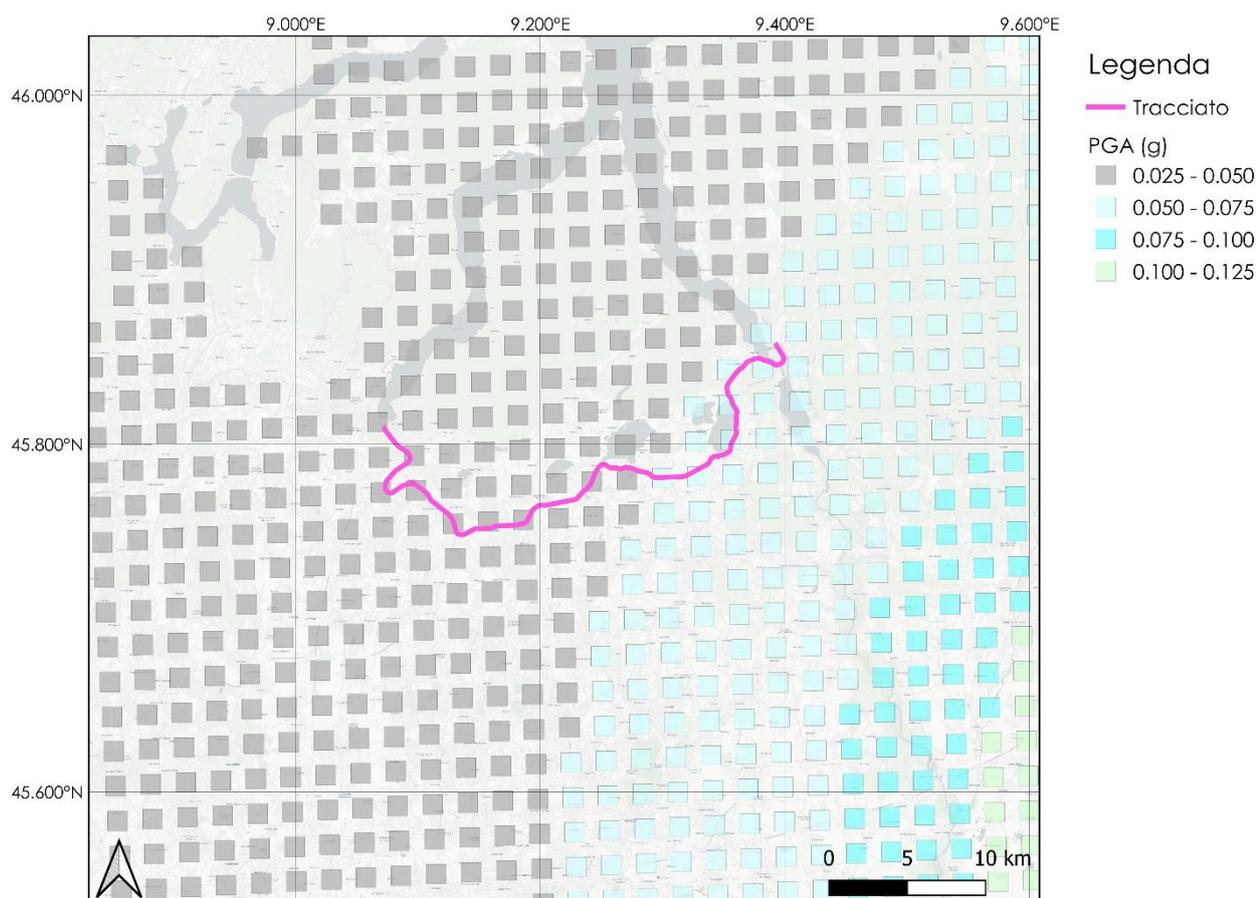
La permeabilità dei depositi, analizzata mediante prove di tipo Lefranc e Lugeon, risulta tendenzialmente omogenea lungo il tracciato in progetto, con valori che oscillano tra  $10^{-4}$  e  $10^{-6}$  m/s, corrispondenti ad una permeabilità medio-bassa.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>LC00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 001</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>132 di 166</p>

## 11 INQUADRAMENTO SISMICO

### 11.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Di seguito, si fornisce un inquadramento dal punto di vista della sismicità locale, a partire dall'individuazione delle sorgenti sismiche di interesse e dei risentimenti macrosismici osservati al sito di progetto nel corso di terremoti storici. Successivamente, sulla scorta delle indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni (nel seguito NTC2018), verrà definita l'azione sismica funzione delle probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento basato sulla vita nominale delle opere, la loro classe d'uso, nei diversi Stati Limite considerati. Seguendo sempre le indicazioni normative, l'accelerazione di progetto si definirà in base all'effettiva localizzazione delle opere.



**Figura 11-1 - Valori di pericolosità sismica in termini di accelerazione di riferimento su suolo rigido (g) nell'intorno al tracciato di progetto, da elaborazioni DPC-INGV S1 (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).**

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

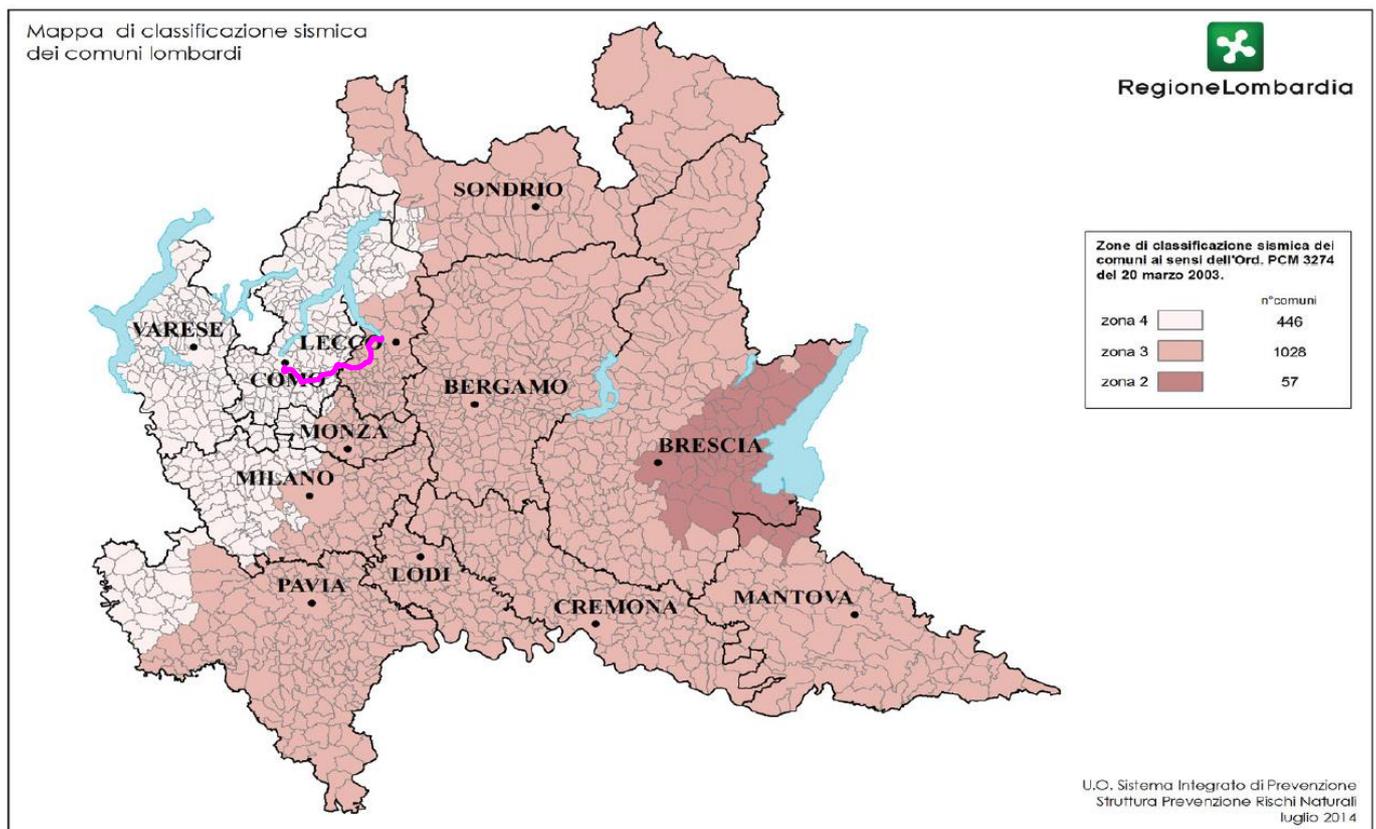
B

133 di 166

Le NTC2018 dispongono che l'azione sismica sia innanzitutto determinata in campo libero, su sito di riferimento rigido (Categoria A) e superficie topografica orizzontale (Categoria T1); allo scopo, le tabelle allegate alla edizione 2008 delle NTC (non aggiornate nella nuova edizione delle Norme) elencano i valori di accelerazione massima al suolo, oltre ai parametri spettrali, nei punti di una griglia di passo 5x5 km a coprire il territorio nazionale (vedasi il dettaglio dell'area di progetto in Figura 11-1).

Secondo la normativa sismica vigente i Comuni interessati da progetto sono stati classificati in zona sismica 3: "Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti" e in zona sismica 4: "Zona con pericolosità sismica molto bassa. È la zona meno pericolosa dove le possibilità di danni sismici sono basse." Le zone sismiche 3 e 4 corrispondono ad aree in cui la ag risulta compresa tra 0,15g e 0,05g ed inferiore a 0,05g.

Tale classificazione (Figura 11-2) è stata adottata a seguito Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Lombardia dell'11 luglio 2014 n.2129 entrata in vigore il 10 aprile 2016.



**Figura 11-2 – Mapa di classificazione sismica dei comuni lombardi, D.G.R. Lombardia dell'11 luglio 2014 n.2129. In viola il tracciato di progetto.**

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  134 di 166

## 11.2 AREE SISMOGENETICHE DI INTERESSE

La struttura dell'Appennino Centrale è dominata dalla sovrapposizione di varie unità tettoniche, deformate e scollate, parzialmente o totalmente, dal proprio basamento. L'impilamento e la traslazione delle scaglie tettoniche, provenienti dalla deformazione di domini paleogeografici molto diversi, è avvenuto attraverso un lungo processo cominciato nell'Oligocene.

In termini strettamente sismologici, la Figura 11-3 mostra la distribuzione degli epicentri dei terremoti inclusi nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI15 (Rovida et al., 2021). Assieme agli epicentri sono riportate le sorgenti sismiche del modello di zone sismogenetiche ZS9 (Meletti et al., 2008), alla base dell'attuale mappa di pericolosità del territorio italiano associata alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2008 e NTC2018). In Figura 11-4 sono inoltre riportate le principali faglie individuali (ISS) e le faglie composite (CSS) tratte dalla base di dati del progetto DISS3 (Haller e Basili, 2011). Si osserva come la definizione delle zone sismogenetiche ZS9 rifletta sia la distribuzione delle faglie sul territorio nazionale, come quella degli epicentri dei terremoti. Il modello sismogenetico racchiude pertanto informazioni sia di natura tettonica, sia dettate dalla sismicità storica.

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

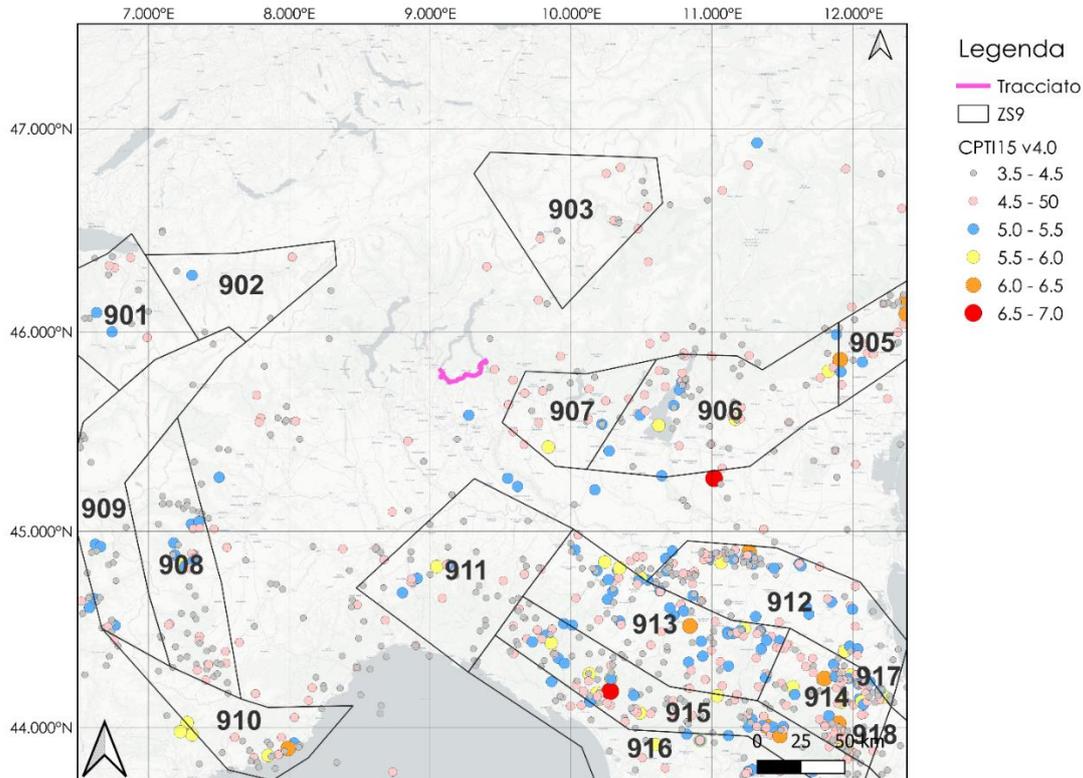
00

R 69 RG

GE 0001 001

B

135 di 166



**Figura 11-3 – Contesto sismo-tettonico della regione estesa nell’intorno dell’area di progetto: i poligoni in nero rappresentano i confini delle sorgenti sismogenetiche del modello ZS9 (Meletti et al., 2008), i cerchi colorati rappresentano gli epicentri dei terremoti inclusi nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15).**

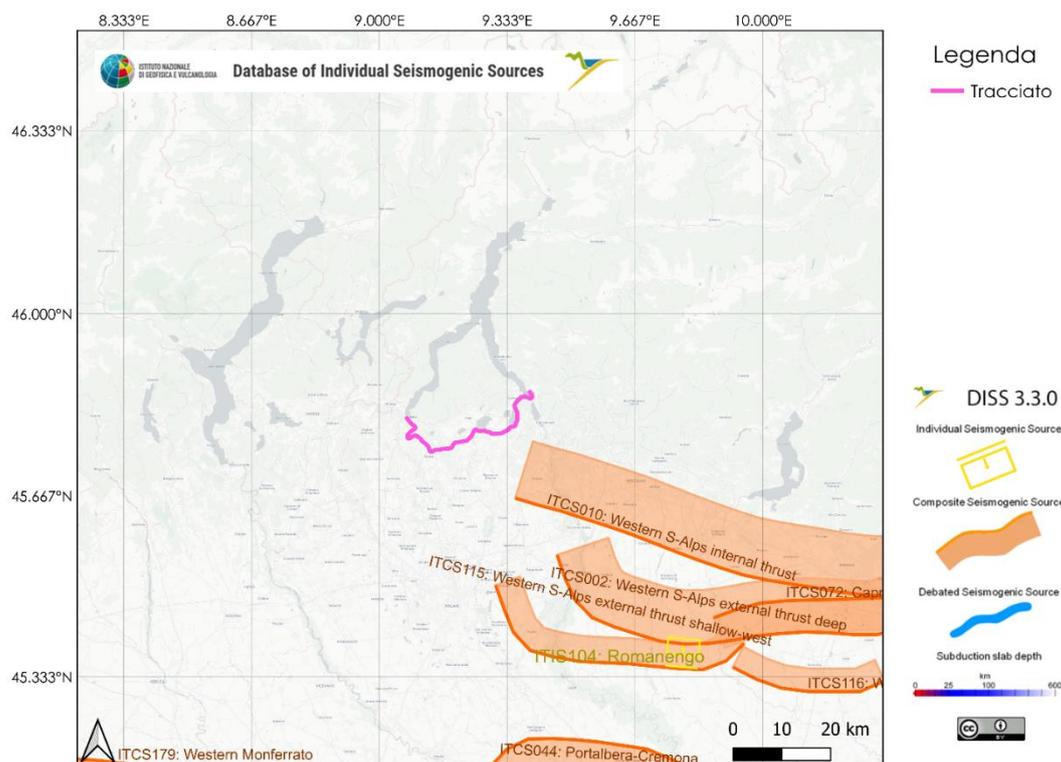
A est del tracciato di progetto si trovano, in ordine di vicinanza, le zone 907, 906 e 905, facenti parte dell’Arco Alpino (ZS da 901 a 910). La zona 907 è caratterizzata da una sismicità medio-bassa, ad eccezione dell’evento del 1802, con Mw 5.9. La zona 906 rappresenta l’area da Bassano del Grappa fino a Verona. A ovest si trovano le zone 908, 909 e 910. Le zone 908 e 909 corrispondono all’arco delle Alpi occidentali e sono disposte parallelamente all’asse della catena. L’assetto sismotettonico della zona 910 è poco caratterizzato, nonostante alcuni recenti studi (Eva et al., 2000, Larroque et al., 2001). A questa zona è attribuito il terremoto di Mw 6.29 del 1887.

A sud del tracciato in esame si trovano le zone facenti parte dell’Appennino Settentrionale e Centrale (ZS da 911 a 923). La più prossima al tracciato, la zona 911, comprende il cosiddetto “arco di Pavia”. Le strutture all’interno della zona 911 fungono da svincolo cinematico del sistema supposto di migrazione (Patacca et al., 1990).

I lineamenti di faglia più prossimi al sito di progetto (vedi l’estratto dal database italiano delle zone sismogenetiche DISS3.3.0 riportato nella Figura 11-4) sono costituiti da sistemi di faglie composite (CSS), all’interno dei quali si classificano alcune sorgenti individuali (ISS). La faglia più vicina al sito è la ITCS010 (Western S-Alps Internal

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>LC00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 001</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>136 di 166</p>

thrust), caratterizzata da una profondità compresa tra 5 e 12 km, un tasso medio di scorrimento annuale compreso tra 0.1 e 0.5 mm/anno e una magnitudo massima di 6.9. A tale sorgente è attribuito il terremoto del 1901 (Mw 5.7).



**Figura 11-4 – Sorgenti sismogenetiche individuali e composite dal “Database of Individual Seismogenic Sources” (DISS 3.3.0) rilevanti per l’area in oggetto (tracciato magenta).**

Procedendo verso sud, è presente la sorgente ITCS002 (Western S-Alps external thrust deep), caratterizzata dallo stesso tasso medio di scorrimento annuale della ITCS010, profondità da 6 a 13 km e magnitudo massima di 6.8.

La sorgente ITCS115 (Western S-Alps external thrust shallow-west) è caratterizzata da una magnitudo massima di 6.2, un tasso medio di scorrimento annuale compreso tra 0.1 e 0.5 mm/anno e una profondità compresa tra 2 e 6 km. Tale sorgente comprende la sorgente individuale del terremoto Valle dell’Oglio del 1802 (Mw 5.9).

Sulla base delle indicazioni del catalogo delle Faglie Capaci ITHACA, curato da ISPRA (<http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>), a est il tracciato attraversa la faglia inversa Albese Con Cassano – Como (codice 87010), lunga 27 km, caratterizzata da un tasso medio di scorrimento annuale di 0.5 mm/anno e una magnitudo massima nota pari a 6.5.

A ovest il tracciato è attraversato dalla faglia codice 87103, di lunghezza 23.7 km. Per tale faglia non sono disponibili i parametri caratterizzanti le faglie. L’ultima attività della faglia è attribuibile al Pleistocene.

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

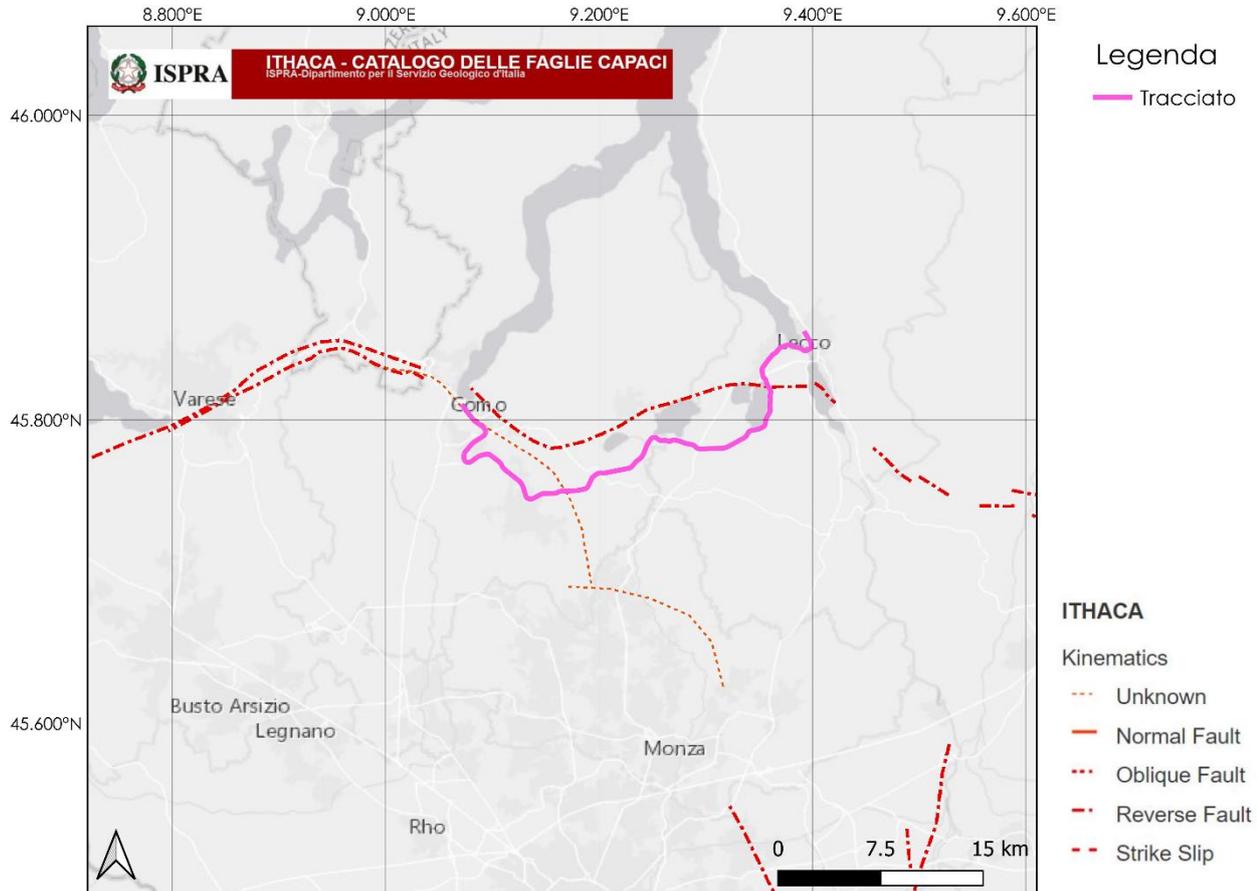
00

R 69 RG

GE 0001 001

B

137 di 166



**Figura 11-5 – Faglie capaci nell'intorno del tracciato di progetto da Catalogo delle faglie capaci ITHACA.**

Per comporre un quadro completo dei livelli di sismicità dell'area di interesse, un utile riferimento è costituito dal Database Macrosismico Italiano DBMI15 (Locati et al, 2016), il quale contiene tutte le informazioni riguardanti le intensità macrosismiche ( $I_{MCS}$ ) risentite a seguito dei terremoti accaduti fino al 2014.

In Figura 11-6 e Figura 11-7 viene mostrata la storia sismica in termini di intensità macrosismica associata ai comuni di Como e Lecco. Per il comune di Como, le massime intensità macrosismiche riportate sono pari a 5 (terremoto del Bresciano-Veronese del 1222, del Friuli-Slovenia del 1511, della Valle dell'Oglio del 1802 e delle Prealpi bergamasche del 1961). Per la località di Lecco, l'intensità macrosismica massima è pari a 6, del terremoto dell'aprile 1918 ( $M_w$  4.95).

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

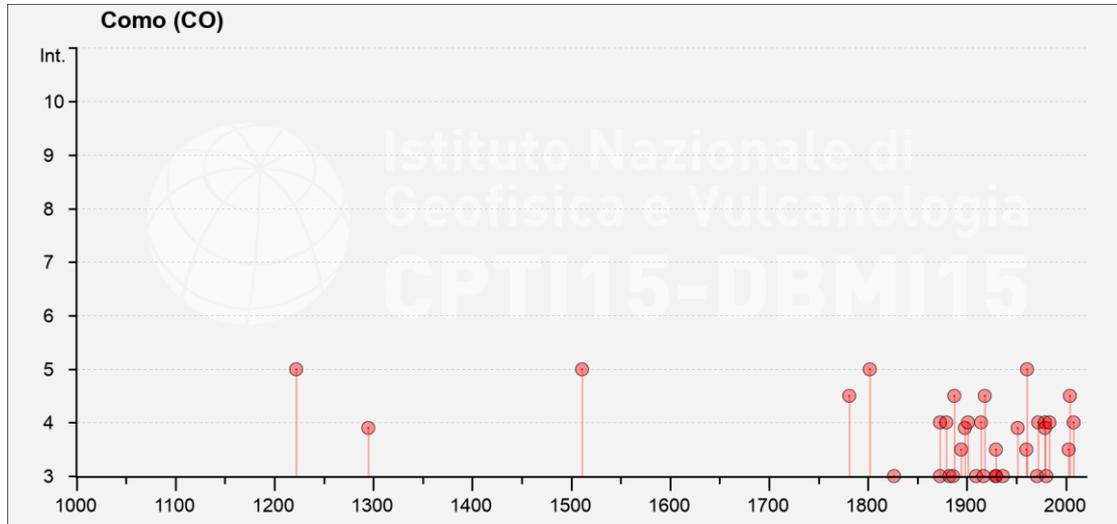
00

R 69 RG

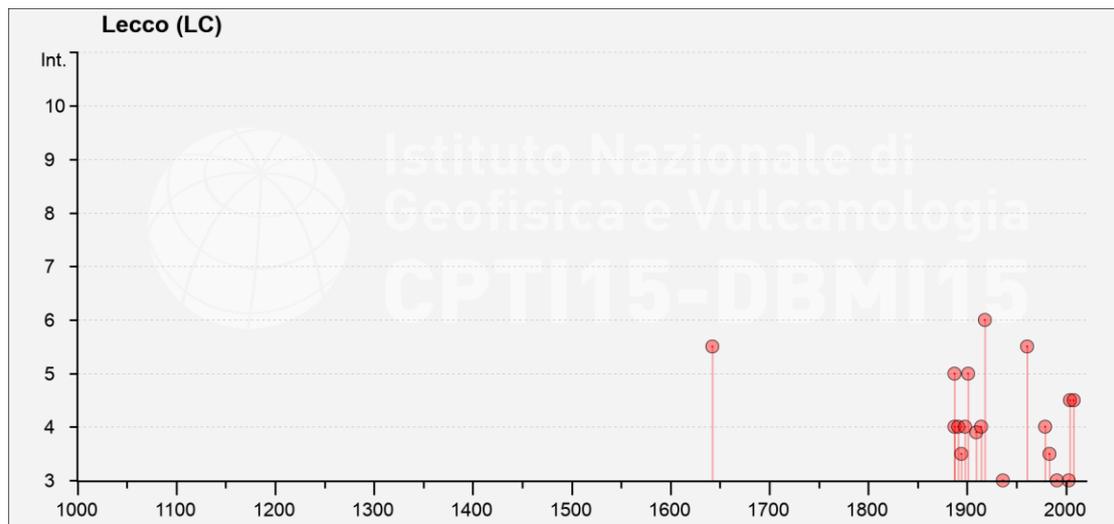
GE 0001 001

B

138 di 166



**Figura 11-6 – Storia sismica del comune di Como (dal catalogo DBMI 2015, Locati et al., 2021).**



**Figura 11-7 – Storia sismica del comune di Lecco (dal catalogo DBMI 2015, Locati et al., 2021).**

### 11.3 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

#### 11.3.1 Generalità

La definizione dell'azione sismica di progetto per l'opera segue quanto disposto dalle NTC2018. In particolare, l'azione sismica in base alla quale va valutato il rispetto dei diversi Stati Limite per le strutture in progetto (di esercizio – SLE e Ultimi - SLU) deve essere definita a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, a sua volta esprimibile in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  139 di 166

La definizione dell'azione sismica comprende la determinazione delle ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_e(T)$  con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$  per la vita utile della struttura. Data la probabilità di superamento nel periodo temporale di riferimento, funzione dello Stato Limite considerato per la verifica, la forma degli spettri di risposta di progetto è definita dai seguenti parametri:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima per sito rigido e superficie topografica orizzontale;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei paragrafi seguenti verrà dapprima determinato il periodo di riferimento per l'azione sismica (par. 11.3.2) sulla base delle indicazioni progettuali in termini di vita utile e classificazione delle opere. Successivamente, nel par. 11.3.3 saranno definiti gli stati limite di interesse per la verifica strutturale, arrivando a definire i periodi di ritorno corrispondenti dell'azione sismica da considerare determinata a sua volta per suolo rigido ed in corrispondenza dei punti definiti. La determinazione della categoria di suolo (e topografica) di riferimento attraverso l'interpretazione delle indagini geotecniche e geofisiche disponibili sarà oggetto del par. 11.3.5 arrivando a definire, per i diversi stati limite, l'azione sismica di riferimento da adottare per le verifiche.

### 11.3.2 Vita utile e classe d'uso

La Vita Nominale  $V_N$  di un'opera, intesa come il periodo temporale entro cui l'opera stessa possa essere usata per lo scopo al quale è destinata, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, è così definita dalle NTC2018:

- $V_N \leq 10$  anni, per opere provvisorie e opere provvisionali.
- $V_N \geq 50$  anni, per opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- $V_N \geq 100$  anni, per grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di importanza strategica.

Con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche, le opere sono suddivise dalle NTC2018 in classi d'uso, la cui appartenenza è stabilita in base all'importanza dell'opera rispetto alle esigenze di operatività a valle di un evento sismico.

Il periodo di riferimento  $V_R$  si ottiene moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ .

Nel caso in esame, ai fini della definizione dell'azione sismica, i progettisti hanno assunto:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  140 di 166

Con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche, le opere sono suddivise dalle NTC2018 in classi d'uso, la cui appartenenza è stabilita in base all'importanza dell'opera rispetto alle esigenze di operatività a valle di un evento sismico. Nel caso in esame, sempre sulla base delle indicazioni dei progettisti, le opere appartengono alla Classe d'Uso II, ossia:

*“... omissis ... Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o Classe d'uso IV, salvo casi particolari per i quali sia necessaria la classe d'uso III o IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza ... omissis ...”*

Pertanto, sulla base delle indicazioni NTC2018, alla Classe d'Uso II corrisponde un coefficiente d'uso  $C_U$  pari a:

$$C_U = 1$$

Il periodo di riferimento  $V_R$  si ottiene moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ . Nel caso in esame:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1 = 50 \text{ anni}$$

### 11.3.3 Stati limite e probabilità di superamento

L'azione sismica di progetto va quindi determinata in funzione degli Stati Limite di verifica e delle corrispondenti probabilità  $P_{VR}$  di realizzarsi nel periodo di riferimento  $V_R$ .

Gli Stati Limite di riferimento per verifiche in presenza di sisma, così come definiti nelle NTC2018 al par. 3.2.1 sono:

- Stati Limite Ultimi (SLU):
  - Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana, SLV, definito come lo stato limite in corrispondenza del quale la struttura subisce una significativa perdita della rigidità nei confronti dei carichi orizzontali ma non nei confronti dei carichi verticali. Permane un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.
  - Stato Limite di Prevenzione del Collasso, SLC, stato limite nel quale la struttura subisce gravi danni strutturali, mantenendo comunque un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza a collasso per carichi orizzontali.
- Stati limite di Esercizio (SLE):

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  141 di 166

- Stato Limite di immediata Operatività SLO per le strutture ed apparecchiature che debbono restare operative a seguito dell'evento sismico.
- Stato Limite di Danno SLD definito come lo stato limite da rispettare per garantire la sostanziale integrità dell'opera ed il suo immediato utilizzo.

Il tempo di ritorno  $T_R$  dell'azione sismica di verifica è legato al periodo di riferimento  $V_R$  ed alla probabilità di superamento  $P_{VR}$  dalla relazione:

$$T_R = - V_R / \ln(1 - P_{VR})$$

Nel caso in esame, i valori di periodo di ritorno dell'azione sismica e le probabilità di superamento per i diversi Stati Limite e per i diversi periodi di riferimento  $V_R$  sono mostrati in Tabella 11-2.

#### **11.3.4 Accelerazione di riferimento su suolo rigido $a_g$**

In allegato al Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (riferita dalle NTC2018) i valori  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale),  $F_0$  (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e  $T_{c*}$  (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) sono forniti per ognuno dei 10751 nodi del reticolo di riferimento a coprire il territorio nazionale. I valori corrispondenti a punti intermedi alla griglia si ottengono per interpolazione sui quattro punti adiacenti.

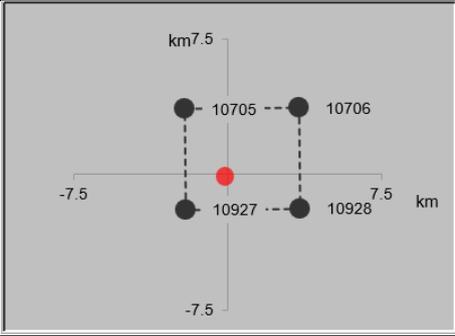
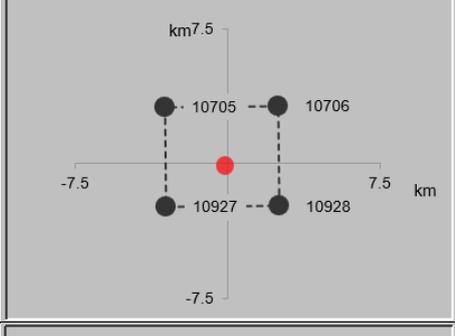
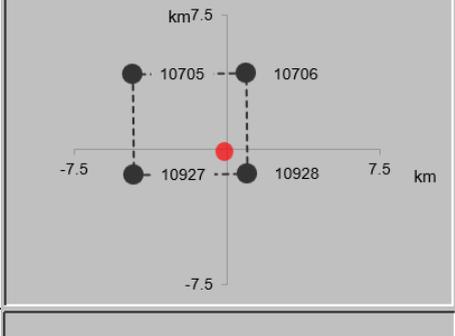
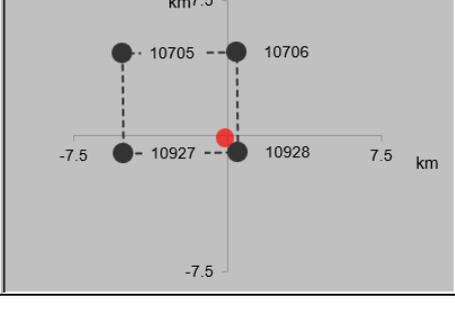
I valori della pericolosità sismica di base sono stati definiti per i siti in cui sono state condotte le 18 MASW, aventi le coordinate geografiche riportate in Tabella 11-1, ove altresì viene riportato l'identificativo dei nodi del reticolo di riferimento entro cui è compreso il punto di calcolo dell'azione sismica (elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v.1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009).

STUDIO GEOLOGICO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	142 di 166

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

**Tabella 11-1 – Nodi del reticolo di riferimento nell'intorno dei punti di riferimento lungo il tracciato oggetto di studio. Elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v. 1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009.**

Tratto di interesse	Longitudine	Latitudine	Localizzazione punti di griglia
MASW 1 – HVSR 1	9.077904°	45.772094°	
MASW 2 – HVSR 2	9.090181°	45.776603°	
MASW 3 – HVSR 3	9.110449°	45.767972°	
MASW 4 – HVSR 4	9.117091°	45.764464°	

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

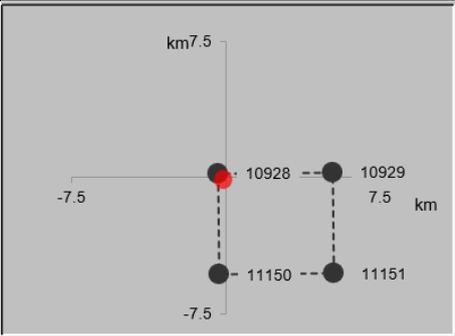
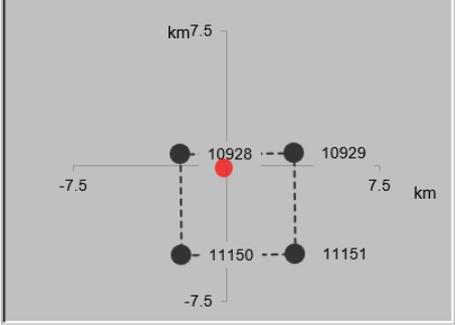
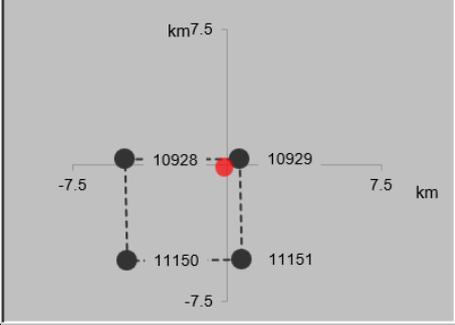
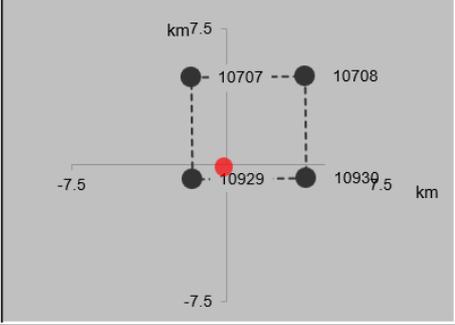
R 69 RG

GE 0001 001

B

143 di 166

**Tabella 11-1 – Nodi del reticolo di riferimento nell'intorno dei punti di riferimento lungo il tracciato oggetto di studio. Elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v. 1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009.**

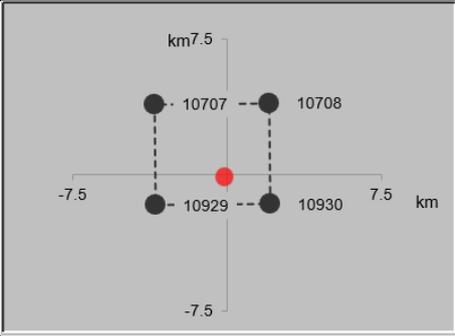
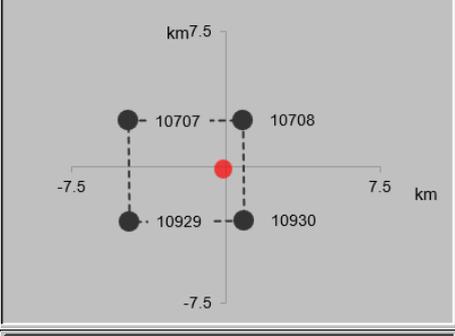
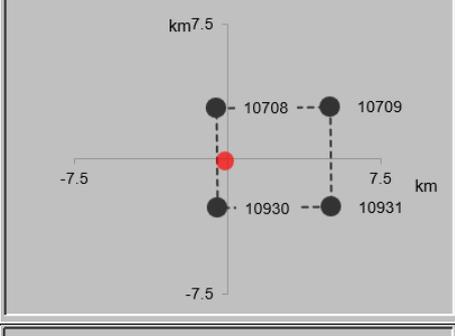
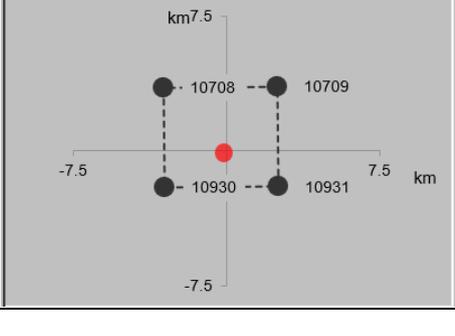
Tratto di interesse	Longitudine	Latitudine	Localizzazione punti di griglia
MASW 5 – HVSR 5	9.128950°	45.754469°	
MASW 6 – HVSR 6	9.153269°	45.751433°	
MASW 7 – HVSR 7	9.187534°	45.755450°	
MASW 8 – HVSR 8	9.216660°	45.766325°	

STUDIO GEOLOGICO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	144 di 166

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

**Tabella 11-1 – Nodi del reticolo di riferimento nell'intorno dei punti di riferimento lungo il tracciato oggetto di studio. Elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v. 1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009.**

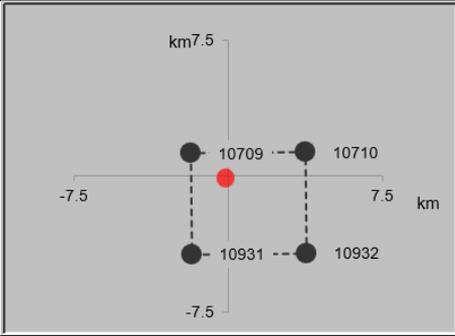
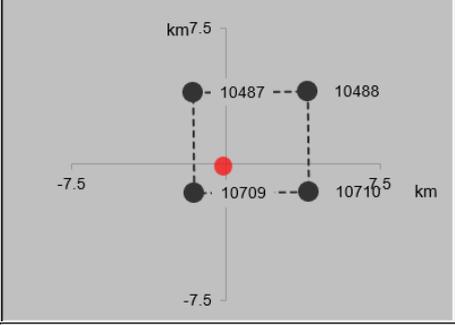
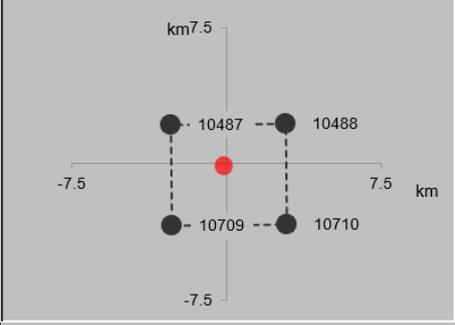
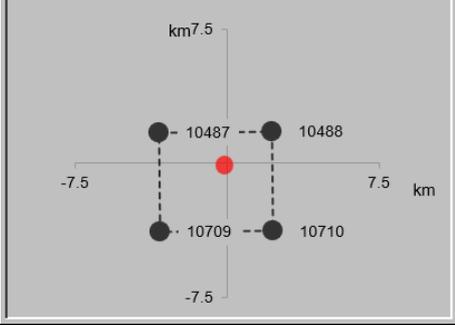
Tratto di interesse	Longitudine	Latitudine	Localizzazione punti di griglia
MASW 9 – HVSR 9	9.238895°	45.775156°	
MASW 10 – HVSR 10	9.254259°	45.787706°	
MASW 11 – HVSR 11	9.271735°	45.786108°	
MASW 12 – HVSR 12	9.304872°	45.780804°	

STUDIO GEOLOGICO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	145 di 166

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

**Tabella 11-1 – Nodi del reticolo di riferimento nell'intorno dei punti di riferimento lungo il tracciato oggetto di studio. Elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v. 1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009.**

Tratto di interesse	Longitudine	Latitudine	Localizzazione punti di griglia
MASW 13 – HVSR 13	9.358645°	45.803222°	
MASW 14 – HVSR 14	9.354161°	45.828672°	
MASW 15 – HVSR 15	9.367235°	45.845245°	
MASW 16 – HVSR 16	9.375480°	45.849476°	

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

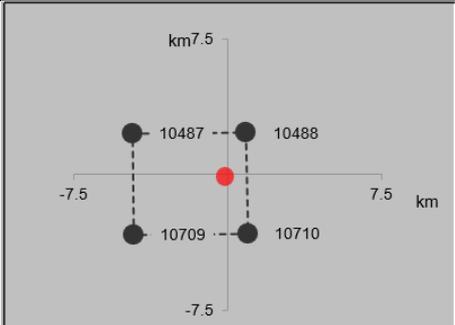
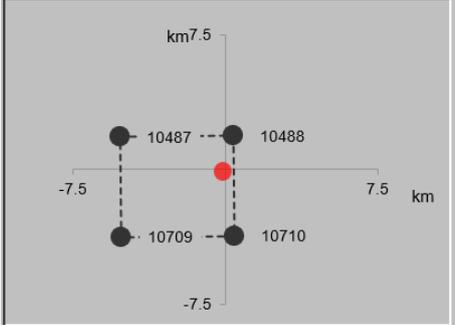
R 69 RG

GE 0001 001

B

146 di 166

**Tabella 11-1 – Nodi del reticolo di riferimento nell'intorno dei punti di riferimento lungo il tracciato oggetto di studio. Elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v. 1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009.**

Tratto di interesse	Longitudine	Latitudine	Localizzazione punti di griglia
MASW 17 – HVSr 17	9.392322°	45.845180°	
MASW 18 – HVSr 18	9.398881°	45.849298°	

I risultati dell'interpolazione per i parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per i periodi di ritorno analizzati è riportato in Tabella 11-2.

**Tabella 11-2 – Valori di  $a_g$  per punti diversi lungo il tracciato di interesse (ottenuti mediante il foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLPP (2009)).**

ID Sito	SL	$T_R$ (anni)	$a_g$ (g)	$F_0$ (-)	$T_c^*$ (s)
MASW 1 – HVSr 1	SLO	30	0.016	2.584	0.158
	SLD	50	0.020	2.561	0.166
	SLV	475	0.041	2.641	0.282
	SLC	975	0.050	2.685	0.302
MASW 2 – HVSr 2	SLO	30	0.016	2.585	0.158
	SLD	50	0.020	2.561	0.166
	SLV	475	0.041	2.640	0.282
	SLC	975	0.050	2.688	0.301
MASW 3 – HVSr 3	SLO	30	0.016	2.583	0.158
	SLD	50	0.020	2.558	0.165
	SLV	475	0.042	2.638	0.282
	SLC	975	0.051	2.694	0.300

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	147 di 166

<b>MASW 4 – HVSR 4</b>	SLO	30	0.016	2.582	0.158
	SLD	50	0.020	2.557	0.165
	SLV	475	0.042	2.638	0.282
	SLC	975	0.051	2.696	0.300
<b>MASW 5 – HVSR 5</b>	SLO	30	0.017	2.580	0.158
	SLD	50	0.021	2.553	0.168
	SLV	475	0.043	2.640	0.281
	SLC	975	0.052	2.698	0.299
<b>MASW 6 – HVSR 6</b>	SLO	30	0.017	2.578	0.158
	SLD	50	0.021	2.552	0.175
	SLV	475	0.044	2.644	0.280
	SLC	975	0.053	2.692	0.299
<b>MASW 7 – HVSR 7</b>	SLO	30	0.017	2.577	0.158
	SLD	50	0.022	2.551	0.183
	SLV	475	0.045	2.650	0.278
	SLC	975	0.055	2.684	0.299
<b>MASW 8 – HVSR 8</b>	SLO	30	0.018	2.578	0.158
	SLD	50	0.022	2.554	0.185
	SLV	475	0.047	2.645	0.277
	SLC	975	0.057	2.679	0.298
<b>MASW 9 – HVSR 9</b>	SLO	30	0.018	2.578	0.158
	SLD	50	0.023	2.558	0.185
	SLV	475	0.048	2.640	0.277
	SLC	975	0.058	2.675	0.298
<b>MASW 10 – HVSR 10</b>	SLO	30	0.018	2.580	0.158
	SLD	50	0.023	2.564	0.184
	SLV	475	0.048	2.640	0.277
	SLC	975	0.058	2.675	0.298
<b>MASW 11 – HVSR 11</b>	SLO	30	0.018	2.579	0.158
	SLD	50	0.023	2.561	0.185
	SLV	475	0.049	2.636	0.277
	SLC	975	0.060	2.670	0.297
<b>MASW 12 – HVSR 12</b>	SLO	30	0.019	2.576	0.158
	SLD	50	0.024	2.546	0.186
	SLV	475	0.052	2.629	0.277
	SLC	975	0.063	2.655	0.297
<b>MASW 13 – HVSR 13</b>	SLO	30	0.020	2.579	0.160
	SLD	50	0.025	2.547	0.188
	SLV	475	0.054	2.625	0.278
	SLC	975	0.067	2.639	0.296
<b>MASW 14 – HVSR 14</b>	SLO	30	0.019	2.587	0.158

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

148 di 166

	SLD	50	0.025	2.561	0.186
	SLV	475	0.053	2.632	0.278
	SLC	975	0.065	2.649	0.298
<b>MASW 15 – HVSR 15</b>	SLO	30	0.019	2.592	0.158
	SLD	50	0.025	2.564	0.186
	SLV	475	0.052	2.637	0.278
	SLC	975	0.064	2.654	0.298
<b>MASW 16 – HVSR 16</b>	SLO	30	0.019	2.593	0.158
	SLD	50	0.025	2.562	0.187
	SLV	475	0.053	2.637	0.278
	SLC	975	0.065	2.652	0.298
<b>MASW 17 – HVSR 17</b>	SLO	30	0.020	2.592	0.159
	SLD	50	0.025	2.555	0.188
	SLV	475	0.054	2.633	0.279
	SLC	975	0.067	2.644	0.297
<b>MASW 18 – HVSR 18</b>	SLO	30	0.020	2.593	0.159
	SLD	50	0.025	2.553	0.188
	SLV	475	0.054	2.633	0.279
	SLC	975	0.067	2.642	0.297

### 11.3.5 Risposta sismica locale

Le NTC2018 definiscono il fattore S di amplificazione di sito come funzione sia della categoria di sottosuolo ( $S_S$ ), che dell'andamento della superficie topografica (attraverso il coefficiente  $S_T$ ):

$$S = S_S \cdot S_T$$

La classificazione del sottosuolo si definisce sulla base delle condizioni stratigrafiche e del valore equivalente di velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  (in m/s) definito dall'espressione:

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

dove:

$h_i$  = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$  = valore di velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p align="center"><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>ELETTTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>LC00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 001</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>149 di 166</p>

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Le categorie di sottosuolo e le categorie topografiche di Tabella 11-4 sono state desunte dall'elaborato Italferr *Indagini geofisiche LC0000R69IGGE0001001A* e riportate nella presente relazione.

**Tabella 11-3 – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato. (Tabella 3.2.II delle NTC2018).**

Suolo	Descrizione geotecnica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

I coefficienti  $S_s$  per le categorie di sottosuolo B e C si ottengono dalla seguente espressione (vedi Tabella 3.2.IV del par. 3.2.3 delle NTC2018):

$$S_s = 1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_o \cdot a_g / g \leq 1.20 \text{ (Suolo tipo B)}$$

$$S_s = 1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_o \cdot a_g / g \leq 1.50 \text{ (Suolo tipo C)}$$

Per ciò che concerne l'amplificazione topografica, il tracciato di progetto si colloca su superficie sostanzialmente pianeggiante (cat. T1 - Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ , in accordo alla Tabella 3.2.III al par.3.2.2. delle NTC2018). Pertanto, il fattore di amplificazione topografica risulta pari a:

$$S_T = 1$$

Sulla base di quanto sopra, i valori del fattore di sito S e dell'azione sismica di progetto  $a_{max} = S \cdot a_g$  per i periodi di ritorno corrispondenti ai diversi stati limite sono riportati in Tabella 11-4.

Si rimanda al testo delle NTC2018 per ogni altra indicazione, ad esempio in merito alla definizione degli spettri elastici di risposta.

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	150 di 166

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	151 di 166

**Tabella 11-4 - Valori di  $a_g$ , dei coefficienti di sito  $S$  e di accelerazione di progetto  $a_{max}$  per gli stati limite di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSSLLPP (2009)).**

ID Sito	SL	$T_R$ (anni)	$a_g$ (g)	Classe di sito	$S_S$ (-)	Categoria topografica	$S_T$ (-)	$S$ (-)	$a_{max}$ (g)
MASW 1 – HVSR 1	SLO	30	0.016	C	1.500	T1	1.000	1.500	0.024
	SLD	50	0.020		1.500			1.500	0.030
	SLV	475	0.041		1.500			1.500	0.062
	SLC	975	0.050		1.500			1.500	0.075
MASW 2 – HVSR 2	SLO	30	0.016	C	1.500	T1	1.000	1.500	0.024
	SLD	50	0.020		1.500			1.500	0.030
	SLV	475	0.041		1.500			1.500	0.062
	SLC	975	0.050		1.500			1.500	0.075
MASW 3 – HVSR 3	SLO	30	0.016	B	1.200	T1	1.000	1.200	0.020
	SLD	50	0.020		1.200			1.200	0.024
	SLV	475	0.042		1.200			1.200	0.050
	SLC	975	0.051		1.200			1.200	0.061
MASW 4 – HVSR 4	SLO	30	0.016	B	1.200	T1	1.000	1.200	0.020
	SLD	50	0.020		1.200			1.200	0.025
	SLV	475	0.042		1.200			1.200	0.051
	SLC	975	0.051		1.200			1.200	0.062
MASW 5 – HVSR 5	SLO	30	0.017	B	1.200	T1	1.000	1.200	0.020
	SLD	50	0.021		1.200			1.200	0.025
	SLV	475	0.043		1.200			1.200	0.051
	SLC	975	0.052		1.200			1.200	0.062
MASW 6 – HVSR 6	SLO	30	0.017	B	1.200	T1	1.000	1.200	0.020
	SLD	50	0.021		1.200			1.200	0.025
	SLV	475	0.044		1.200			1.200	0.053
	SLC	975	0.053		1.200			1.200	0.064
MASW 7 – HVSR 7	SLO	30	0.017	B	1.200	T1	1.000	1.200	0.021
	SLD	50	0.022		1.200			1.200	0.026
	SLV	475	0.045		1.200			1.200	0.055
	SLC	975	0.055		1.200			1.200	0.066
MASW 8 – HVSR 8	SLO	30	0.018	C	1.500	T1	1.000	1.500	0.026
	SLD	50	0.022		1.500			1.500	0.033
	SLV	475	0.047		1.500			1.500	0.070
	SLC	975	0.057		1.500			1.500	0.085
MASW 9 – HVSR 9	SLO	30	0.018	B	1.200	T1	1.000	1.200	0.021
	SLD	50	0.023		1.200			1.200	0.027
	SLV	475	0.048		1.200			1.200	0.057
	SLC	975	0.058		1.200			1.200	0.069

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

152 di 166

<b>MASW 10 – HVSr 10</b>	SLO	30	0.018	B	1.200	T1	1.000	1.200	0.022
	SLD	50	0.023		1.200			1.200	0.027
	SLV	475	0.048		1.200			1.200	0.058
	SLC	975	0.058		1.200			1.200	0.070
<b>MASW 11 – HVSr 11</b>	SLO	30	0.018	B	1.200	T1	1.000	1.200	0.022
	SLD	50	0.023		1.200			1.200	0.028
	SLV	475	0.049		1.200			1.200	0.059
	SLC	975	0.060		1.200			1.200	0.072
<b>MASW 12 – HVSr 12</b>	SLO	30	0.019	C	1.500	T1	1.000	1.500	0.028
	SLD	50	0.024		1.500			1.500	0.036
	SLV	475	0.052		1.500			1.500	0.078
	SLC	975	0.063		1.500			1.500	0.095
<b>MASW 13 – HVSr 13</b>	SLO	30	0.020	B	1.200	T1	1.000	1.200	0.023
	SLD	50	0.025		1.200			1.200	0.030
	SLV	475	0.054		1.200			1.200	0.065
	SLC	975	0.067		1.200			1.200	0.081
<b>MASW 14 – HVSr 14</b>	SLO	30	0.019	B	1.200	T1	1.000	1.200	0.023
	SLD	50	0.025		1.200			1.200	0.029
	SLV	475	0.053		1.200			1.200	0.063
	SLC	975	0.065		1.200			1.200	0.078
<b>MASW 15 – HVSr 15</b>	SLO	30	0.019	C	1.500	T1	1.000	1.500	0.029
	SLD	50	0.025		1.500			1.500	0.037
	SLV	475	0.052		1.500			1.500	0.079
	SLC	975	0.064		1.500			1.500	0.097
<b>MASW 16 – HVSr 16</b>	SLO	30	0.019	C	1.500	T1	1.000	1.500	0.029
	SLD	50	0.025		1.500			1.500	0.037
	SLV	475	0.053		1.500			1.500	0.079
	SLC	975	0.065		1.500			1.500	0.097
<b>MASW 17 – HVSr 17</b>	SLO	30	0.020	C	1.500	T1	1.000	1.500	0.029
	SLD	50	0.025		1.500			1.500	0.038
	SLV	475	0.054		1.500			1.500	0.081
	SLC	975	0.067		1.500			1.500	0.100
<b>MASW 18 – HVSr 18</b>	SLO	30	0.020	B	1.200	T1	1.000	1.200	0.024
	SLD	50	0.025		1.200			1.200	0.030
	SLV	475	0.054		1.200			1.200	0.065
	SLC	975	0.067		1.200			1.200	0.081

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  153 di 166

#### 11.4 ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO (DGR N. IX/2616)

In aggiunta a quanto determinato, siccome i Comuni interessati dal presente progetto ricadono, secondo la riclassificazione sismica operata dalla Regione Lombardia con D.G.R. 11/07/2014 n. X/2129, ricadono in zona sismica 3 e 4, e la loro analisi sismica di 1° livello effettuata dallo studio geologico a supporto del PGT comunale ha permesso di individuare per le aree immediatamente circostanti il settore d'imposta della struttura in progetto la situazione corrispondente agli scenari **Z4a** "Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali e/o detritici", **Z4b** "Zona pedemontana di falda di detrito e conide alluvionale" e **Z4c** "Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi" in grado di determinare gli effetti sismici locali per amplificazioni litologiche; per tale scenario la normativa regionale entrata in vigore con l'approvazione della D.G.R. n. X/5001 del 30/03/2016, richiede l'applicazione del 2° livello di approfondimento.

Inoltre, la linea ferroviaria di progetto ricade nello scenario **Z2** "Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc) e zone con depositi granulari". Tale scenario richiede l'applicazione del 3° livello di approfondimento in quanto le litologie presenti risultano in grado di determinare effetti sismici locali per cedimenti e/o liquefazione. La DGR n. IX/2616 del 30 novembre 2011, più precisamente al punto 2.3.2 *Effetti di cedimenti e/o liquefazioni* dell'Allegato 5, richiede la valutazione quantitativa delle aree soggette a fenomeni di cedimenti e liquefazioni utilizzando procedure note in letteratura. Nel caso in esame, per quanto riguarda il fenomeno di liquefazione si omette tale verifica in seguito alla condizione n. 1 del paragrafo 7.11.3.4.2 *Esclusione della verifica a liquefazione* delle NTC2018 (vedi paragrafo successivo); per quanto riguarda i fenomeni di cedimenti, non essendo oggetto del presente studio, si rimanda alle relazioni specialistiche di geotecnica.

In Allegato 5 alla DGR n. IX/2616 è riportata la metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, in adempimento a quanto previsto dalle NTC2008 (e quindi, dalle NTC2018), dalla DGR n. 14964 del 7 novembre 2003 e dal DDUO n. 19904 del 21 novembre 2003. In particolare, per il caso in esame, risulta obbligatorio il Livello 2 di approfondimento, ossia la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa). Se i valori ottenuti sono superiori ai valori di soglia (Tabella 11-5) di cui allo studio pilota del Politecnico di Milano, allegato alla DGR n. IX/2616 si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore (ad esempio, anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerebbe quello relativo alla categoria di suolo D).

Per la definizione del Fattore di Amplificazione (Fa), la normativa regionale propone una serie di schede di valutazione che correlano tale fattore con il periodo proprio del sito T, calcolato utilizzando la seguente equazione:

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

154 di 166

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

dove  $h_i$  e  $V_{s_i}$  sono lo spessore e la velocità dello strato  $i$ -esimo del profilo geofisico.

La procedura semplificata proposta prevede di ricostruire l'andamento delle  $V_s$  con la profondità sino a valori pari o superiori a 800 m/s. In mancanza del raggiungimento del bedrock con le indagini sismiche dirette, è necessario applicare un opportuno gradiente di  $V_s$  con la profondità, tale da raggiungere il valore di 800 m/s, sulla base dei risultati delle indagini supportati da informazioni litostratigrafiche sito-specifiche.

**Tabella 11-5 – Soglie definite dalla regione Lombardia per i fattori di amplificazione dei comuni interessati dal progetto**

Comune	intervallo [s]	B	C	D	E
COMO	0.1-0.5	1.4	1.9	2.2	2.0
	0.5-1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
CASNATE CON BERNATE	0.1-0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
	0.5-1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
SENNA COMASCO	0.1-0.5	1.4	1.9	2.2	2.0
	0.5-1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
CAPIAGO INTIMIANO	0.1-0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
	0.5-1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
CANTU'	0.1-0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
	0.5-1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
ALZATE BRIANZA	0.1-0.5	1.4	1.9	2.2	2.0
	0.5-1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
ANZANO DEL PARCO	0.1-0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
	0.5-1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
MONGUZZO	0.1-0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
	0.5-1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
MERONE	0.1-0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
	0.5-1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
ROGENO	0.1-0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
	0.5-1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

155 di 166

Comune	intervallo [s]	B	C	D	E
MOLTENO	0.1-0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
	0.5-1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
OGGIONO	0.1-0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
	0.5-1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
GALBIATE	0.1-0.5	1.4	1.9	2.2	2.0
	0.5-1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
VALMADRERA	0.1-0.5	1.4	1.9	2.2	2.0
	0.5-1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
MALGRATE	0.1-0.5	1.4	1.9	2.2	2.0
	0.5-1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
LECCO	0.1-0.5	1.4	1.9	2.2	2.0
	0.5-1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

Per ciò che concerne gli effetti litologici, è stata selezionata la scheda litologica sabbiosa. Applicando le formule proposte per la scheda litologia selezionata, si calcola il fattore di amplificazione,  $F_a$ , per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s. Per la scelta della curva di fattore di amplificazione  $F_a$  da utilizzarsi, si deve fare riferimento a  $V_s$  e spessore del primo strato, determinato a seguito della consultazione sia delle indagini geofisiche MASW e HVSR, sia dalla consultazione delle stratigrafie dei sondaggi geognostici e dalle risultanze delle prove SPT eseguite.

**Tabella 11-6 – Esiti delle analisi sismiche di 2° livello con metodologia semplificata.**

Comune	ID indagine	CAT. SUOLO	Periodo T	Curva	intervallo [s]	Fa calcolato	Fa Soglia	ESITO
CASNATE CON BERNATE	MASW-HVSR 1	C	0.677	3	0.1-0.5	0.87	1.8 (C)	VERIFICATO
					0.5-1.5	1.99	2.4 (C)	
COMO	MASW-HVSR 2	C	0.446	2	0.1-0.5	1.55	1.9 (C)	VERIFICATO
					0.5-1.5	1.76	2.4 (C)	
SENNA COMASCO	MASW-HVSR 3	B	0.164	1	0.1-0.5	1.71	1.4 (B)	NON VERIFICATO
					0.5-1.5	1.13	1.7 (B)	
CAPIAGO INTIMIANO	MASW-HVSR 4	B	0.211	1	0.1-0.5	1,86	1.4 (B)	NON VERIFICATO
					0.5-1.5	1,22	1.7 (B)	
CANTU'	MASW-HVSR 5	B	0.398	2	0.1-0.5	1.64	1.4 (B)	NON VERIFICATO
					0.5-1.5	1.64	1.7 (B)	
	MASW-HVSR 6	B	0,381	2	0.1-0.5	1.66	1.4 (B)	NON VERIFICATO
					0.5-1.5	1.60	1.7 (B)	
ALZATE BRIANZA	MASW-HVSR 7	B	0,273	2	0.1-0.5	1.68	1.4 (B)	NON VERIFICATO
					0.5-1.5	1.36	1.7 (B)	

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	156 di 166

Comune	ID indagine	CAT. SUOLO	Periodo T	Curva	intervallo [s]	Fa calcolato	Fa Soglia	ESITO
ANZANO DEL PARCO	MASW-HVSR 8	C	0.285	2	0.1-0.5	1.69	1.8 (C)	VERIFICATO
					0.5-1.5	1.39	2.4 (C)	
MONGUZZO	MASW-HVSR 9	B	0,222	2	0.1-0.5	1,62	1.4 (B)	NON VERIFICATO
					0.5-1.5	1.25	1.7 (B)	
MERONE	MASW-HVSR 10	B	0.162	2	0.1-0.5	1,50	1.4 (B)	NON VERIFICATO
					0.5-1.5	1,13	1.7 (B)	
ROGENO	MASW-HVSR 11	B	0,293	2	0.1-0.5	1,69	1.4 (B)	NON VERIFICATO
					0.5-1.5	1,40	1.7 (B)	
MOLTENO	MASW-HVSR 12	C	0,853	N.A.	0.1-0.5	1.00	1.8 (C)	VERIFICATO
					0.5-1.5	1.00	2.4 (C)	
OGGIONO	MASW-HVSR 13	B	0,302	2	0.1-0.5	1,69	1.4 (B)	NON VERIFICATO
					0.5-1.5	1,43	1.7 (B)	
GALBIATE	MASW-HVSR 14	B	0,193	3	0.1-0.5	1,42	1.4 (B)	NON VERIFICATO
					0.5-1.5	1,19	1.7 (B)	
VALMADRERA	MASW-HVSR 15	C	0,469	3	0.1-0.5	1,11	1.9 (C)	VERIFICATO
					0.5-1.5	1,78	2.4 (C)	
MALGRATE	MASW-HVSR 16	C	0,669	2	0.1-0.5	1,18	1.9 (C)	VERIFICATO
					0.5-1.5	1,99	2.4 (C)	
GALBIATE	MASW-HVSR 17	C	0,419	3	0.1-0.5	1,16	1.9 (C)	VERIFICATO
					0.5-1.5	1,68	2.4 (C)	
LECCO	MASW-HVSR 18	B	0,541	2	0.1-0.5	1,37	1.4 (B)	NON VERIFICATO
					0.5-1.5	1,90	1.7 (B)	

Sulla base del profilo di riferimento di Vs definito sulla base dei dati delle prove di tipo MASW-HVSR eseguite in corrispondenza del tracciato di progetto e applicando le formule di cui alla scheda di valutazione suddetta, per il periodo proprio di sito T calcolato, si ottengono i fattori di amplificazione  $F_a$ , per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s, riportati in Tabella 11-10. Tali hanno verificato la Categoria di suolo C per le opere di progetto, mentre laddove le indagini geofisiche avevano determinato una categoria B, la presente verifica ha dato esito negativo pertanto dovrà essere maggiormente attenzionata considerando una categoria di sottosuolo maggiore (anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerebbe quello relativo alla categoria di suolo C).

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b>					
STUDIO GEOLOGICO  RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA  LC00	LOTTO  00	CODIFICA  R 69 RG	DOCUMENTO  GE 0001 001	REV.  B	FOGLIO  157 di 166

## 11.5 ANALISI DI PERICOLOSITÀ RISPETTO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE

Le NTC2018 al paragrafo 7.11.3.4.2 stabiliscono che la verifica alla liquefazione può essere omessa qualora si manifesti una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero minori di 0.1 g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{IN} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{IN}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone comprese tra le curve che delimitano il campo di suscettibilità, fornite nelle NTC2018.

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

Come riportato in Tabella 11-4, le accelerazioni massime allo stato limite SLV risultano sempre inferiori al valore soglia 0.1 g; pertanto, la verifica di liquefazione può essere omessa.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p align="center"><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>LC00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 001</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>158 di 166</p>

## 12 CONCLUSIONI

In conclusione, si può affermare che:

- Dal punto di vista geografico l'area oggetto di studio è ubicata nella parte settentrionale della Regione Lombardia, comprendendo come estremi i comuni di Como e di Lecco.
- Dal punto di vista geologico il territorio dell'area oggetto di questo studio è suddivisibile in due settori distinti. La fascia pedecollinare e la pianura sono costituite da ampie falde di depositi neogenici-quadernari originati dallo smantellamento sin-orogenetico e post-orogenetico delle rocce del substrato roccioso. La zona dei colli appartiene alla porzione più meridionale delle Prealpi Lombarde ed è formata da rocce di età cretacea, fagliate e piegate. La maggior parte del tracciato ferroviario ricade per la quasi complessità del suo tracciato al di sopra dei depositi morenici caratteristici di quest'area e solamente nei chilometri finali interseca formazioni cretache affioranti. L'assetto strutturale dell'area di studio è il prodotto del raccorciamento avvenuto in questo settore delle Alpi Meridionali durante la fase compressiva neoalpina.
- Dal punto di vista stratigrafico, il substrato roccioso limita i suoi affioramenti alla parte settentrionale e centrale dell'area di studio e si individua una successione di unità litostratigrafiche cretaco-mioceniche. Nella parte nord-orientale (Brianza lecchese) la classica successione flyschoidale della Bergamasca comprende successioni ritmiche arenaceo-marnose (arenaria di Sarnico, Flysch di Bergamo) alle quali si intercalano corpi grossolani (conglomerato di Sirone) e depositi legati a franamenti sinsedimentari di estensione bacinale. L'affioramento del substrato è generalmente concentrato nel settore nord-occidentale, oppure non riconoscibile a causa dell'estesa copertura detritica principalmente depositatesi durante le glaciazioni plioquadernarie. La coltre detritica è costituita da materiale incoerente distinto sulla base dell'età relativa nonché dei meccanismi di deposizione ed è formata prevalentemente da terreni di origine fluvioglaciale e glaciale.
- L'area in esame, dal punto di vista morfologico, è caratterizzata da un paesaggio collinare intervallato dalla presenza di laghetti. Dal punto di vista idrografico le aree di studio intersecano o vengono lambite da dei corsi d'acqua, maggiori e minori, appartenenti al bacino dell'Adda. Il reticolo idrografico naturale dell'area di studio è formato, data la sua vasta area, da numerosi torrenti che scendono dai rilievi collinari, oltre che da una rete di canali e rogge piuttosto fitta.
- Per quanto riguarda la permeabilità, il tracciato si imposta principalmente su terreni composti da depositi fluvioglaciali e glaciali, con permeabilità molto variabili a causa dell'estrema varietà di litologie delle unità presenti: da depositi ghiaiosi a sabbie e limi argillosi di origine glacio-lacustre.

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

159 di 166

La permeabilità di questi depositi, secondo le prove Lefranc eseguite nel corso dei sondaggi, risulta essere compresa in un range con valori compresi tra  $10^{-4}$  e  $10^{-6}$  m/s; tuttavia considerando i depositi non intercettati dalle prove geognostiche, ma cartografati nella carte geologiche CARG di riferimento, si può stimare un range molto più esteso e compreso tra  $10^{-2}$  e  $10^{-9}$  m/s. Nelle zone di Como e Lecco affiorano anche formazioni del substrato roccioso con una permeabilità variabile sia tra  $10^{-5}$  e  $10^{-9}$  m/s sia tra  $10^{-2}$  e  $10^{-5}$  m/s in funzione del grado di carsismo e fessurazione.

- Per quanto riguarda il rischio da alluvione, sulla base della cartografia redatta nell'ambito del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) sia quella nell'ambito sia la cartografia redatta nell'ambito della Direttiva Alluvioni (PGRA, aggiornata 2020) dell'Autorità di Bacino del fiume Po. Le diverse aree di studio si trovano adiacenti e all'interno di aree a pericolosità moderata, media ed elevata e alla Fascia fluviale A del Fiume Lambro (considerando anche i suoi affluenti).
- In particolare, come si evince dalle Carte di Fattibilità Geologica dei PGT dei vari comuni attraversati, la linea ferroviaria interseca zone caratterizzate da classi di fattibilità 2 - Fattibilità con modeste limitazioni, 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni e 4 - Fattibilità con gravi limitazioni, di seguito descritte. Per quanto riguarda le normative d'uso si rimanda alle "Norme geologiche di Piano" di ciascun PGT comunale.
- Si vuole inoltre evidenziare come, dalle risultanze delle indagini geognostiche eseguite, alcune zone in cui risulta impostata la linea ferroviaria Albate-Molteno-Lecco presentano scadenti caratteristiche geotecniche, più precisamente i depositi limosi di origine lacustre evidenziati da sondaggi S19, S29 ed S31.
- Infine, dal punto di vista sismico le aree di progetto risultano caratterizzate da bassa sismicità bensì sono state identificate alcune faglie capaci potenzialmente interagenti con la linea ferroviaria. Per ciò che concerne il rischio da liquefazione, è stata escluso tale fenomeno e la relativa verifica in quanto le accelerazioni massimi rinvenibili al piano campagna risultano inferiori a 0,1 g.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>ELETTRIFICAZIONE LINEA ALBATE-MOLTENO-LECCO</b></p>					
<p>STUDIO GEOLOGICO</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>LC00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>R 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 001</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>160 di 166</p>

### 13 BIBLIOGRAFIA

- Aubouin, J., Sigal, J., Berland, J. P., Blanchet, R., Bonneau, M., Cadet, J. P., ... & Vicente, J. C. (1970). Sur un bassin de flysch; stratigraphie et paleogeographie des flyschs cretaces de la Lombardie (versant sud des Alpes orientales, Italie). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7(4), 612-658.
- Autorità di Bacino del Fiume Po; Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI, aggiornata 2021)
- Autorità di Bacino del Fiume Po; Direttiva Alluvioni (PGRA, aggiornata 2020)
- Bernoulli D. (1964) - Zur geologie des Monte Generoso (Lombardische Alpe). *Mat. Descr. Carta Geol Svizzera*; 118, 134 pp;
- Bersezio R. & Fornaciari M. (1987) - Cretaceous sequences in the Lombardy Basin: stratigraphic outline between the lakes of Lecco and Iseo. *Mem. Soc. Geol. It.*, 40: 187-197, Roma
- Bernoulli D., Bertotti G. & Zingg A. (1989) – Northward thrusting of the Gonfolite Lombarda (South-Alpine Molasse) onto the Mesozoic sequence of the Lombardian Alps: Implication for the deformation history of the Southern Alps.
- Bersezio R. (1992) - La successione Aptiano - Albiana del Bacino Lombardo. *Giorn. di Geol.*, 54(1): 125-146, Bologna.
- Bersezio R. (1993) - Sedimentary events and rhythms in an Early Cretaceous pelagic environment: the Maiolica Fm. of the Lombardy Basin. *Giorn. di Geol.*, 55(1): 5-20, Bologna.
- Bersezio R., Fantoni R. & Pessina C.M. (2001) - L'assetto strutturale del margine Sudalpino-Padano: Contributo alla conoscenza del sottosuolo nel settore Bergamasco. *Geol. Insubrica*, 6(1): 81-93, Lugano.
- Bersezio, R., Fornaciari, M., & Gelati, R. (1990). Geologic map of the southalpine foothills between Brianza and Iseo Lake. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 45, 107-110.
- Bersezio R., Bini A. & Giudici M. (1999) - Effects of sedimentary heterogeneity on groundwater flow in a Quaternary pro-glacial delta environment: joining facies analysis and numerical modelling. *Sedim. Geol.*, 129: 327-344, Elsevier.

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LC00	00	R 69 RG	GE 0001 001	B	161 di 166

- Bersezio, R., Giudici, M., & Mele, M. (2007). Combining sedimentological and geophysical data for high-resolution 3-D mapping of fluvial architectural elements in the Quaternary Po plain (Italy). *Sedimentary Geology*, 202(1-2), 230-248.
- Bichsel, M., & MO, H. (1981). Facies evolution of late Cretaceous flysch in Lombardy (Northern Italy).
- Bini A. (1987) - L'apparato glaciale würmiano di Como. Univ. Studi Milano (Tesi di Dottorato di ricerca), 569 pp.
- Bini A., Cita M.B. & Gaetani M. (1978) - Southern Alpine Lakes. Hypothesis of an erosional origin related to the Messinian entrenchment. *Marine Geology*, 27: 271-288, Elsevier.
- Bini A., Felber M., Oppizzi P. & Da Rold O. (1992) - La successione deltizia della Valle della Motta nella regione di Genestrerio - Coldrerio - Novazzano (Ticino Meridionale): analisi sedimentologica e paleoambientale. *Boll. Soc.Tic. Sci. Natur.*, 80(1): 55-96, Lugano.
- Bini A. (1994) - Problems and methods of geologic survey of Quaternary continental deposits: examples from glacial deposits.
- Bonarelli G. (1894) - Contribuzione alla conoscenza del Giura-Lias lombardo. *Atti Acc. Delle Scienze*, 30: 18 pp., Torino.
- Carta delle permeabilità (Geoportale Regione Lombardia)
- Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 096 Seregno; Foglio 076 "Lecco", Foglio 097 "Vimercate", Foglio 075 Como, Progetto CARG.
- Cassinis G. (1968) – Stratigrafia e tettonica dei terreni mesozoici compresi tra Brescia e Serle. *Atti Ist. Geol. Univ. Pavia*, 19: 50–152, Pavia.
- Cita M.B., Abbate E., Aldighieri B., Balini M., Conti M.A., Falorni P., Germani D., Groppelli G., Manetti P. & Petti F.M. (2007), Carta Geologica d'Italia 1: 50.000. Catalogo delle formazioni - Unità tradizionali (I). *Quad. Serv. Geol. d'It.*, serie III, 7(VI): pp. 318, Roma.
- Corselli C., Cremaschi M. & Violanti D. (1985) - Depositi deltizi pliocenici allo sbocco della Val Brembana (Prealpi bergamasche). *Riv. It. Paleont. Strat.*, 91(1): 117-132, Milano.

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

162 di 166

- Da Rold O. (1990) - L'Apparato glaciale del Lago Maggiore, settore orientale. Tesi di dottorato di ricerca, Università degli Studi di Milano, 1-122.
- De Rosa, E., & Rizzini, A. (1967). Prealpi Flysch near Bergamo. – *Sedimentological characteristics of some Italian turbidites*. *Geol. Rom*, 6, 356-362.
- Desio A. (1929) - Studi geologici sulla regione dell'Albenza (Prov. Bergamo). *Mem. Soc. It. Sc. Nat.*, 10: 1-156, Roma.
- Fantoni R., Bersezio R. & Forcella F. (2004) - Alpine structure and deformation chronology at the Southern Alps-Po plain border in Lombardy. *Boll. Soc. Geol. It.*, 123(3): 463-477, Roma.
- Finckh P. (1978) - Are southern Alpine lakes former Messinian canyons? - Geophysical evidence for preglacial erosion in the southern Alpine lakes. *Mar. Geol.*, 27: 289–302, Amsterdam.
- Folk R. (1980) - Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Bookstore, Austin, 182.
- Francani, V. (1997). *Idrogeologia generale e applicata*.
- Frauenfelder A. (1916) – Beitrage zur Geologie der Tessiner Kalkalpen. *Ecl. Geol. Helv.*, 14 (2): 247–371, Basel.
- Gaetani M. & Jadoul F. (1987) – Controllo ancestrale sui principali lineamenti strutturali delle Prealpi Lombarde centrali. *Rend. Soc. Geol. It.*, 10: 21–24, Roma.
- Gaetani M. & Gianotti R. (1981) - Foglio 32 Como. In: Castellarin A. (Eds), *Carta tettonica delleAlpi Meridionali alla scala 1: 200.000*, Prog. Finaliz. Geod. CNR, 441: 179-184, Tecnoprint, Bologna.
- Galli M.T., Jadoul F., Bernasconi S., Cirilli S. & Weissert H. (2007) - Stratigraphy and palaeoenvironmental analysis of the Triassic-Jurassic transition in the western Southern Alps (Northern Italy). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 244: 52-70, Elsevier, Amsterdam.
- Gaetani M. (1975) – Jurassic stratigraphy of the Southern Alps: a review. In: *Geology of Italy Earth Sc. Soc. Libyan Arab Rep.*, 377-402.
- Gastaldi B. (1863) - Sulla escavazione (affouillement) dei bacini lacustri compresi negli anfiteatri morenici. *Atti Soc. It. Sc. Nat.*, 5: 240-247, Milano.

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

163 di 166

- Gnaccolini M. (1964) – Il Trias in Lombardia (Studi Geologici e Paleontologici) VII. Il Retico nella Lombardia occidentale. Riv. Ital. Paleont. Strat. 467-522.
- Gnaccolini, M. (1968). Cretaceo: 4 Prealpi Lombarde – Geologia dell'Italia, UTET
- Kovacs M. (1995) - Geologia del quaternario della Brianza tra i laghi di Annone e Pusiano. Tesi di laurea inedita, Università degli Studi di Milano, a.a. 1994-1995.
- Laubscher H.P. (1988) - Material balance in Alpine orogeny. Geol. Soc. Amer. Bull., 100: 1313-1328, Tulsa.
- Napolitano A. (1985) - Stratigrafia e sedimentologia della "Gonfolite" nel settore di Como. Rend. Soc. Geol. It., 8: 69-72, Roma.
- Jadoul F., Forcella F., Bini A. & Ferliga C. (2000) - Carta Geologica della Provincia di Bergamo. Note illustrative. Grafiche Monti, 313 pp.
- Jadoul F. & Doniselli T. (1987) - La successione del Lias Inferiore di Mortirone. (Lecchese). Mem. Soc. Geol. It., 32: 49-66, Roma.
- Jadoul F., Masetti D., Cirilli S., Berra F., Claps M. & Frisia S. (1994) - Norian-Rhaetian Stratigraphy and paleogeographic evolution of the Lombardy Basin (Bergamasc Alps). In: Carannante G. & Torelli R. (Eds), Escursione B1, Guide post IAS Meeting di Ischia, 3-38.
- Jadoul F. & Galli M.T. (2008) - The Hettangian shallow water carbonates after the Triassic/Jurassic biocalcification crisis: the Albenza Formation in the Western Southern Alps. Riv. It. Paleont. Strat., 114/3: 453-470.
- Orombelli, G. (1976). Indizi di deformazioni tettoniche quaternarie al margine meridionale delle Prealpi Comasche. Litografia Manassa e Sinchetto.
- Orombelli, G., & Porter, S. C. (1982). Late Holocene fluctuations of Brenva glacier. Comitato Glaciologico Italiano.
- Parona C.F. (1889) – Considerazioni sulla serie del Giura superiore e dell'infracretaceo in Lombardia, a proposito del rinvenimento di fossili del piano barremiano. Rend. R. Ist. Lomb. Sc. Lett., ser. 2. (1896), 29: 4 pp., Milano.
- PGT del comune di Como (scala originale 1:5.000),

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

164 di 166

- PGT del comune di Senna Somasco (scala originale 1:10.000), Agosto 2008.
- PGT del comune di Cantù (scala originale 1:10.000), Luglio 2006
- PGT del comune di Brenna (scala originale 1:10.000), Aprile 2011.
- PGT del comune di Alzate Brianza (scala originale 1:10.000), Gennaio 2017
- PGT del comune di Monguzzo (scala originale 1:10.000), Ottobre 2012.
- PGT del comune di Lurago d'Erba (scala originale 1:10.000), Aprile 2010.
- PGT del comune di Merone (scala originale 1:2.500), Gennaio 2009.
- PGT del comune di Rogeno (scala originale 1:5.000), Maggio 2011.
- PGT del comune di Molteno (scala originale 1:2.000), Febbraio 2019.
- PGT del comune di Sirone (scala originale 1:2.000), Agosto 2019.
- PGT del comune di Oggiono (scala originale 1:10.000), Aprile 2012.
- PGT del comune di Galbiate (scala originale 1:2.000), Maggio 2015.
- PGT del comune di Valmadrera (scala originale 1:2.000), Settembre 2017.
- PGT del comune di Malgrate (scala originale 1:5.000), Febbraio 2012.
- PGT del comune di Galbiate (scala originale 1:2.000), Maggio 2015.
- PGT del comune di Lecco (scala originale 1:10.000), Gennaio 2015.
- Parona C.F. (1897) - Contribuzione alla conoscenza di alcune ammoniti liassiche di Lombardia. Parte II: di alcune ammoniti del Lias medio. Mem. Soc. Paleont. Suisse, 24: 1-19, Genève.
- Petti F.M. & Falorni P. (2007) - Maiolica. In: Cita M.B., Abbate E., Aldighieri B., Balini M., Conti M.A., Falorni P., Germani D., Gropelli G., Manetti P. & Petti F.M. (2007), Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Catalogo delle formazioni - Unità tradizionali (1). Quad. Serv. Geol. d'It., serie III, 7(VI): pp. 318, Roma.
- Quattrone P., Rogledi S. & Longoni R. (1990) - Gas fields in the Tertiary sequences of the Milano Bergamo Region. Bull. Swiss Assoc. Petrol. Geol. Eng., 56(131): 53-64, Zürich.

STUDIO GEOLOGICO

 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
 IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

165 di 166

- Redaelli M. (1995) - I depositi quaternari nel territorio compreso tra la Valle S. Croce e la Valle del Fiume Lambro (Brianza orientale). Tesi di laurea, inedita, Università degli Studi di Milano, a.a.1994-1995.
- Riva A. (1957) - Gli anfiteatri morenici a Sud del Lario e le pianure diluviali tra Adda e Olona. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 7: 5-95
- Rizzini A. & Dondi L. (1978) - Erosional surface of Messinian age in the subsurface of the Lombardian Plain (Italy). Mar. Geol., 27: 303-325, Elsevier.
- Rögl F., Cita M.B., Müller C. & Hochuli P. (1975) - Biochronology of conglomerate bearing molasse sediments near Como (Italy). Riv. It. Pal. Strat., 81: 57-88, Milano.
- Stoppani A. (1857) - Studi geologici e paleontologici sulla Lombardia. p. 417, Tipografia Nistri, Milano.
- Stoppani A. (1860–1865) – Géologie et paléontologie des couches a Avicula contorta en Lombardie. Paléont. Lomb., VII, pp. 267, Milano.
- Stoppani A. (1861) - Sulle condizioni generali degli strati ad Avicula Contorta sulla loro speciale costituzione in Lombardia e sulla costituzione definitiva del piano infraliasico. Rend. Ist. Lombardo Sc. Lett., 86-176, Milano.
- Stoppani A (1871-73) - Corso di Geologia: I. Dinamica terrestre. II. Geologia Stratigrafica. Tip. Bernardoni Milano, 2 vol., 595-691.
- Strini A. (2001) - Gli "Occhi Pollini" nella Brianza Orientale: genesi ed evoluzione nel quadro geologico regionale. Tesi di dottorato di ricerca, Università degli Studi di Milano, 1-550.
- Taramelli T. (1880) – Il Canton Ticino meridionale ed i Paesi Finitimi. Spiegazione del foglio XXIV. Duf. colorito geologicamente da Spreafico, Negri e Stoppani. Beitr. Geol. Karte Schw., 17: 13-174, Bern.
- Taramelli T. (1903) - I tre Laghi. Tip. Artaria, Milano.
- Trümpy R. (1973) - The timing of orogenic events in the Central Alps. In: De Jong K.A. & Scholten R., Gravity and Tectonics, 229-251, J. Wiley and Sons.
- Venzo, S. (1954). Stratigrafia e tettonica del Flysch (Cretacico-Eocene) del Bergamasco e della Brianza orientale. Servizio geologico d'Italia.

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LC00

00

R 69 RG

GE 0001 001

B

166 di 166

- Zanchi A., Bini A., Felber M., Rigamonti I. & Uggeri A. (1997) - Neotectonic evidence along the lombardian foothills of the southern Alps. Geol. Insubr., 2/2: 99-112, Lugano.
- Zuccoli L. (1997) - Geologia dell'Alta Pianura lombarda tra i pianalti di Castelseprio e Tradate-Appiano Gentile. Tesi di Dottorato di ricerca, Università degli Studi di Milano, 453 pp.