



VIA C. BATTISTI 25 - 20841 CARATE BRIANZA (MB) - TEL. 02/800091 - FAX 02/803628 - E-MAIL eg@studioeg.net

COMUNE DI MISSAGLIA



STUDIO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI MISSAGLIA (PROVINCIA DI LECCO)

D.G.R. n.IX/2616 del 30/11/2011

RELAZIONE TECNICA

DELIBERAZIONE N.17 REG. 19/06/2016 DEL COMUNE DI MISSAGLIA (PROVINCIA DI LECCO)

EG/R3/0119/CMG/MA

SETTEMBRE 2018

(versione aggiornata per recepimento parere R.L. del 15/01/2019)



SOMMARIO

1. PREMESSA.....	7
1.1 Supporto cartografico utilizzato	9
1.2 Metodologia di indagine e aspetti generali relativi alla redazione degli elaborati cartografici	9
FASE DI ANALISI	11
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	11
3. RETE IDROGRAFICA	13
3.1 Struttura del reticolo idrografico	13
3.2 Classificazione del reticolo idrografico	14
4. ELEMENTI CLIMATOLOGICI	15
4.1 Caratteristiche termometriche	15
4.2 Caratteristiche pluviometriche	16
4.3 Idrologia: piogge intense e curva di possibilità pluviometrica.....	17
5. CARATTERI GEOMORFOLOGICI DEL TERRITORIO COMUNALE	20
6. ASSETTO GEOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE	23
6.1 Cartografia geologica secondo la nomenclatura tradizionale delle unità affioranti	23
6.2 Cartografia geologica secondo le unità litostratigrafiche quaternarie.....	26
6.3 Caratteri geologico-strutturali dell'area.....	33
7. CARATTERI PEDOLOGICI DEL TERRITORIO COMUNALE	36
8. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	44
8.1 Caratteri idrogeologici generali delle unità geologiche presenti	44
8.2 Assetto idrogeologico di dettaglio.....	47
8.3 Permeabilità delle unità affioranti.....	49
8.4 Parametri idrogeologici dell'acquifero	50
9. ANDAMENTO DEL FLUSSO IDRICO SOTTERRANEO E OSCILLAZIONE DELLA FALDA.....	51
10. STATO QUALITATIVO DELLE ACQUE SOTTERRANEE	57
11. APPROVVIGIONAMENTO IDRICO POTABILE E AREE DI SALVAGUARDIA DEI POZZI PER ACQUA DESTINATI AL CONSUMO UMANO.....	62
12. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA-GEOMECCANICA.....	65
13. EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA ACCELERATA DEL TERRITORIO	68
14. RISCHIO SISMICO.....	90
14.1 Ambito di applicazione della Legge Regionale n.12/2005.....	90
14.2 Analisi del rischio sismico (Allegato 5 - D.G.R. n.IX/2616 del 30 novembre 2011).....	90
14.2.1 <i>Risposta sismica locale</i>	91
14.2.2 <i>Analisi della sismicità del territorio</i>	93

14.3 Carta della pericolosità sismica locale: analisi di I livello	96
FASE DI SINTESI/VALUTAZIONE	99
15. VINCOLI TERRITORIALI ESISTENTI	99
15.1 Vincolo idrogeologico	99
15.2 Parco di Montevicchia e Valle del Curone.....	99
15.3 Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile	100
15.4 Vincoli idraulici di difesa del suolo: Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata) e P.G.R.A.....	100
15.5 Vincoli idraulici di difesa del suolo: Reticolo idrografico (D.G.R. n.4229 del 24 Ottobre 2015).....	100
16. CARTA DI SINTESI	102
16.1 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti.....	102
16.1.1 <i>Aree di frana attiva, quiescente e relitta o stabilizzata</i>	102
16.1.2 <i>Aree a potenziale innesco di scivolamenti della copertura superficiale per condizioni di equilibrio limite e aree a pericolosità potenziale per crolli di blocchi di roccia</i>	103
16.1.3 <i>Aree in erosione accelerata per azione delle acque superficiali e incanalate in depositi superficiali fini</i>	103
16.1.4 <i>Aree interessate da ruscellamento superficiale diffuso</i>	103
16.2 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico	104
16.2.1 <i>Aree con emergenze idriche</i>	104
16.2.2 <i>Aree ad elevata vulnerabilità degli acquiferi</i>	104
16.2.3 <i>Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese</i>	104
16.3 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	105
16.3.1 <i>Tratti di corso d'acqua instabili per fenomeni di erosione di sponda</i>	105
16.3.2 <i>Aree esondabili</i>	105
16.3.3 <i>Occlusione d'alveo</i>	105
16.4 Aree con caratteristiche geotecniche scadenti	106
16.4.1 <i>Aree con possibili fenomeni di ristagno delle acque superficiali</i>	106
16.4.2 <i>Aree prevalentemente limoso-argillose con limitate caratteristiche geotecniche</i>	106
16.4.3 <i>Aree con consistenti disomogeneità tessiture laterali e verticali</i>	106
16.4.4 <i>Aree con riporto di materiale</i>	107
16.5 Produttori reali e potenziali di inquinamento	107
FASE DI PROPOSTA	109
17. CARTA DELLA FATTIBILITA' E DELLE AZIONI DI PIANO	109
17.1 Definizione delle classi di fattibilità	109
17.2 Classi di fattibilità geologica	111
17.3 Accorgimenti in fase esecutiva per tutti gli interventi urbanistici	115

RACCORDO CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA: AGGIORNAMENTO ELABORATO 2 DEL P.A.I.	116
18. AGGIORNAMENTO DEL QUADRO DI DISSESTO	116
ATTUAZIONE DEL P.A.I. IN AMBITO DI PIANIFICAZIONE DELL'EMERGENZA	116
19. SCENARIO DEL RISCHIO ALLUVIONI DELLE AREE EDIFICATE.....	116

NORME GEOLOGICHE DI PIANO

A) NORME INERENTI LA FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

B) APPROFONDIMENTI INERENTI LA NORMATIVA ANTISISMICA

PROCEDURE DI APPLICAZIONE DEI LIVELLI DI APPROFONDIMENTO PER GLI SCENARI PSL INDIVIDUATI

II LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Scenario Z3a [effetti di amplificazione topografica]

Scenario Z3b [effetti di amplificazione topografica]

Scenari Z4a-c [effetti di amplificazione litologica e geometrica]

Valori soglia comunali

Note in merito ai criteri di applicazione delle procedure semplificate di approfondimento

III LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Scenario Z1 [effetti di instabilità]

Scenario Z2a [effetti di cedimento]

Scenari Z3 e Z4 [effetti di amplificazione morfologica-topografica e litologica]

Metodologie per il calcolo delle onde Vs

C) AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE

D) VINCOLI IDRAULICI DI DIFESA DEL SUOLO

D1) Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino (L.183/99): Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (Raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata)

D2) Vincoli di polizia idraulica

E) VINCOLO CIMITERIALE

F) INDICAZIONI PER IL MIGLIORAMENTO DELLE CONOSCENZE

FIGURE

Figura 2.1 - Inquadramento territoriale

Figura 4.1 - Temperatura media mensile - stazione di Milano

Figura 4.2 - Precipitazioni medie mensili - stazione di Cremella

Figura 4.3 - Precipitazioni previste al variare della durata di precipitazione (da ARPA Lombardia)

- Figura 4.4 - Curve di possibilità pluviometrica (da ARPA Lombardia)
- Figura 6.1 - Schema tettonico area di interesse (da Carta Geologica d'Italia - Foglio 097 Vimercate)
- Figura 9.1 - Oscillazione livello piezometrico pozzo n.5 di Maresso (P2)
- Figura 9.2 - Oscillazione livello piezometrico pozzo Azienda Agricola Brivio
- Figura 9.3 – Carta piezometrica e delle concentrazioni di Tetracloroetilene (PCE) al luglio 2014 (tratta dalla Tav.3A allegata alla Relazione conclusiva, ARPA, marzo 2015)
- Figura 9.4 – Carta piezometrica e delle concentrazioni di Tetracloroetilene (PCE) al dicembre 2014 (tratta dalla Tav.3B allegata alla Relazione conclusiva, ARPA, marzo 2015)
- Figura 13.1 - Cordone morenico di Maresso
- Figura 13.2 - T. Molgoretta - erosione spondale con arretramento/franamento del ciglio
- Figura 13.3 - T. Lavandaia - erosione spondale con arretramento/franamento del ciglio su meandro esterno
- Figura 13.4 - T. Lavandaia - erosione spondale su meandro esterno
- Figura 13.5 - T. Molgoretta – scalzamento alla base con evoluzione in franamento di colata del versante a tergo
- Figura 13.6 - T. Lavandaia – sovralluvionamento presso il ponte di via Merlini
- Figura 13.7 - Frana presso Cascina Brughiera – coronamento nicchia di distacco in fase di progressivo arretramento
- Figura 13.8 - Frana presso Cascina Brughiera – corpo di frana
- Figura 13.9 - Frana presso Cascina Pila – corpo di frana e coronamento
- Figura 13.10 - Frana di via Monsignor Beretta in località Molinata – area di frana a valle della sede stradale
- Figura 13.11 - Frana di Cascina Butto – messa in sicurezza/stabilizzazione con interventi di ingegneria naturalistica
- Figura 13.12 - Frana di Cascina Brughiera – interventi di consolidamento del coronamento con tecnologie di ingegneria naturalistica e riprofilatura del corpo frana
- Figura 13.13 - Frana di Cascina Brughiera – cfr. didascalia Fig. 13.12
- Figura 13.14 - Frana di Cascina Brughiera – opere di consolidamento coronamento e di stabilizzazione/protezione dall'erosione del terreno con geostuoie
- Figura 13.15 - Frana di Cascina Pila – riprofilatura e stabilizzazione del coronamento e del corpo frana con interventi di ingegneria naturalistica e piantumazione
- Figura 13.16 - Frana di Cascina Pila – cfr. didascalia Fig. 13.15
- Figura 13.17 - Frana di Cascina Pila – riprofilatura e stabilizzazione del corpo frana con piantumazione
- Figura 13.18 - Ex cava di pietra – pareti rocciose sub-verticali potenziale sorgente di crollo di blocchi singoli o in massa
- Figura 13.19 - T. Molgoretta – parete rocciosa in destra idrografica potenzialmente sorgente di crollo di blocchi di roccia
- Figura 13.20 - T. Lavandaia – porzione di versante in destra idrografica tra il campo sportivo e la porzione meridionale della zona industriale interessato da frane attive e franosità diffusa della coltre superficiale
- Figura 13.21 - T. Lavandaia – gabbionate ammalorate franate in alveo
- Figura 13.22 - T. Lavandaia – muri/scogliera di difesa spondale franate in alveo
- Figura 13.23 - R. Nava – pannelli in cls a protezione meandro esterno franati in alveo
- Figura 13.24 - T. Lavandaia – interventi di difesa spondale fittizi e di dubbia funzionalità idraulica
- Figura 13.25 - T. Molgoretta – interventi di difesa spondale fittizi e di dubbia
- Figura 14.1 - Mappa di classificazione sismica dei comuni lombardi

TABELLE

Tabella 7.1 - Parametri descrittivi del suolo

Tabella 7.2 - Classificazione dei suoli secondo la U.S.D.A. (1994)

Tabella 7.3 - Capacità d'uso del suolo

Tabella 7.4 - Capacità protettiva dei suoli nei confronti di acque profonde

Tabella 8.1 - Permeabilità delle unità affioranti

Tabella 8.2 - Parametri idrogeologici dell'acquifero (Gruppo Acquiferi B)

Tabella 9.1 – Campagne piezometriche condotte mesi di luglio e dicembre 2014 nel territorio di Missaglia (da ARPA, Contaminazione da COA - Relazione conclusiva, marzo 2015)

Tabella 10.1 – Concentrazioni di solventi clorurati nei punti di controllo monitorati sul territorio di Missaglia (da ARPA, marzo 2015 – caselle in bianco: concentrazioni inferiori ai limiti di rilevabilità strumentale)

Tabella 10.2 – Stato Chimico delle Acque Sotterranee ai sensi della D.Lgs 30/2009 (dati fonte Arpa)

Tabella 11.1 – Elenco pozzi pubblici perforati nel territorio comunale di Missaglia

Tabella 12.1 - Classi geotecniche-geomeccaniche indicative

Tabella 14.1 - Classificazione sismica del territorio nazionale e accelerazioni orizzontali di riferimento

Tabella 14.2 – Scenari di pericolosità sismica

Tabella 14.3 – Livelli di approfondimento studio della sismicità locale

TAVOLE

Tavola 1 - Fase di analisi: carta geologica con elementi geomorfologici (scala 1:5.000)

Tavola 2 - Fase di analisi: carta geologica: unità quaternarie Progetto C.A.R.G. (scala 1:5.000)

Tavola 3 - Fase di analisi: carta pedologica (scala 1:5.000)

Tavola 4 - Fase di analisi: sezioni idrogeologiche (scala varia)

Tavola 5 - Fase di analisi: carta idrogeologica e del reticolo idrografico (scala 1:5.000)

Tavola 6 - Fase di analisi: carta geologico-tecnica (scala 1:5000)

Tavola 7 - Fase di analisi: carta della dinamica geomorfologica (scala 1:5.000)

Tavola 8 - Fase di analisi: carta della pericolosità sismica locale 1:5.000)

Tavola 9 - Fase di sintesi/valutazione: carta dei vincoli (scala 1:5.000)

Tavola 10 - Fase di sintesi/valutazione: carta di sintesi (scala 1:5.000)

Tavola 11A - Fase di proposta: carta di fattibilità delle azioni di piano – settore NW (scala 1:2.000)

Tavola 11B - Fase di proposta: carta di fattibilità delle azioni di piano – settore NE (scala 1:2.000)

Tavola 11C - Fase di proposta: carta di fattibilità delle azioni di piano – settore SW (scala 1:2.000)

Tavola 11D - Fase di proposta: carta di fattibilità delle azioni di piano – settore SE (scala 1:2.000)

Tavola 12 - Fase di proposta: carta di fattibilità delle azioni di piano (scala 1:10.000)

Tavola 13 - Aggiornamento elaborato 2 del P.A.I.: carta del dissesto con legenda uniformata P.A.I./P.G.R.A. (scala 1:5.000)

Tavola 14 - Delimitazione delle classi di rischio degli elementi esposti

ALLEGATI

Allegato 6 - Scheda per il censimento delle frane

Allegato 9 - Schede censimento pozzi

APPENDICE

Appendice A - Indagini geologiche, geomorfologiche e idrologiche di alcuni ambiti territoriali che hanno manifestato criticità ai fini della loro messa in sicurezza” (Comune di Missaglia - Engineering Geology, aprile 2016)

1. PREMESSA

Il Comune di Missaglia (Provincia di Lecco), con Determina n.17 Reg.del 10/06/2016 e n. 27 Reg. del 14/11/2017, ha affidato ad EG Engineering Geology l'incarico per l'elaborazione dell'aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT e dello studio del Reticolo Idrico comunale della 1 variante al PGT Comunale.

Il presente lavoro rivede e aggiorna i contenuti del precedente *“Studio geologico a supporto del Piano Regolatore Generale ai sensi della L.R. 41/97”* (Geoplanet, febbraio 2005), e del successivo *“Aggiornamento dello Studio Geologico ai sensi della D.G.R. 22 dicembre 2005, n.8/1566 e della d.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374”* (Geoplanet, novembre 2011), ai quali si è comunque fatto riferimento per la stesura del lavoro, in modo da disporre di un unico documento aggiornato, reso coerente nei confronti delle disposizioni normative vigenti, che accorpa tutti i lavori di carattere geologico fin qui redatti già ritenuti conformi dagli Enti di controllo territoriali.

Lo studio geologico è stato redatto in accordo ai contenuti della D.G.R. n.IX/2616 del 30 novembre 2011 *“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. n.8/1566 del 22 dicembre 2005 e successivamente modificati con D.G.R. n. 8/7374 del 28 maggio 2008”.

La deliberazione fornisce le metodologie per l'individuazione delle aree a pericolosità idrogeologica, la definizione delle aree a vulnerabilità idraulica e l'assegnazione delle relative norme d'uso ed introduce linee guida specifiche per la definizione del rischio sismico, in accordo con la nuova classificazione del territorio nazionale e con la D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129 *“Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia”*.

Lo studio in oggetto è stato redatto considerando il recente D.M. 17 Gennaio 2018, Aggiornamento delle *“Norme Tecniche per le Costruzioni”* (G.U. n.8 del 20 febbraio 2018), che fornisce indicazioni relativamente all'azione sismica, utile già in fase di pianificazione (microzonazione) e gli strumenti di pianificazione sovraordinata, in particolare il Piano di Assetto Idrogeologico (D.P.C.M. 24 maggio 2001 e successive varianti ed integrazioni ed i Piani Territoriali per il Coordinamento Provinciale. In tale contesto si sottolinea come lo studio tecnico sia stato redatto considerando il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) approvato con d.p.c.m. del 27/10/2016 ed i relativi criteri attuativi ai sensi della D.G.R. X/6738 del 19 giugno 2017 *“Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del P.G.R.A. nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art.58 delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del f. Po, così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n.5 dal comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino del F. Po”*.

I criteri ed indirizzi su cui si basa lo studio tecnico redatto stabiliscono un approccio finalizzato alla prevenzione del rischio idrogeologico attraverso una pianificazione territoriale compatibile con l'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e con le condizioni di sismicità alla scala comunale (L.R. n.12/05 per il Governo del Territorio).

Stante quanto sopra illustrato è opportuno sottolineare che la valenza a carattere sovracomunale prevista dalle precedenti leggi, implica l'adeguamento dei piani urbanistici comunali; in aggiunta è superfluo

rimarcare che il presente lavoro non deve intendersi nel modo più assoluto sostitutivo di quelli previsti dal D.M. 17 Gennaio 2018, per la pianificazione attuativa e per la progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva.

In relazione ai citati strumenti di pianificazione sovraordinata, si premette che nel Comune di Missaglia non sussistono perimetrazioni delle Fasce Fluviali definite dai Piani Stralcio di Bacino, quali il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali e il Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), per le quali vige una precisa normativa a cui le Amministrazioni devono attenersi per definire le attività vietate o soggette a regolamentazione, con differenti gradi di tutela all'interno delle singole fasce individuate.

Anche la cartografia redatta dall'Autorità di Bacino del Po, "Modifiche e integrazioni al Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), 2. Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici – Delimitazione delle aree in dissesto (Foglio 096 Sez. I e II – Lurago d'Erba, Foglio 097 Sez. III e IV – Vimercate), non individua aree in dissesto.

Tuttavia, come si dirà nel seguito, la verifica in sito ha permesso di identificare alcune fenomenologie di dissesto nonché di proporre una nuova delimitazione delle aree esondabili che, alla luce delle evidenze emerse dai rilievi, rivede ed integra il quadro in essere riportato nel precedente studio geologico; studio quest'ultimo che è stato recepito dalla Regione Lombardia nelle mappe degli scenari di pericolosità e rischio del P.G.R.A., relativamente al reticolo secondario collinare e montano (RSCM) sussistente in ambito comunale. Il Comune di Missaglia risulta difatti essere inserito nell'Allegato 13 della d.g.r. IX/2616/2011 tra i Comuni che hanno concluso l'iter per quanto riguarda la verifica di compatibilità di cui all'art. 18, comma 2 delle N.d.A. del PAI (cfr. aggiornamento allegato 13 del luglio 2018).

Ne consegue che gli approfondimenti eseguiti nell'ambito del presente studio mediante rilievi di campo hanno permesso di proporre una revisione / aggiornamento definitivo al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni relativamente allo scenario RSCM.

Si sottolinea inoltre che parte delle situazioni e/o problematiche di dissesto idrogeologico individuate con il presente studio recepiscono i contenuti del documento "*Indagini geologiche, geomorfologiche e idrologiche di alcuni ambiti territoriali che hanno manifestato criticità ai fini della loro messa in sicurezza*" (EG Engineering Geology, aprile 2016), già agli atti dell'Amministrazione Comunale ed allegato integralmente al presente studio in Appendice A; l'indagine conoscitiva, restituita in forma descrittiva ed integrata da schede monografiche illustrative della mappatura delle situazioni degne di rilievo riscontrate, è stata finalizzata ad accertare le cause di dissesto con relativa proposta tecnico-operativa circa possibili soluzioni progettuali per la mitigazione e/o messa in sicurezza dello stato di dissesto.

Nell'ambito del lavoro si è proceduto alla parallela "*Determinazione del reticolo idrografico nel Comune di Missaglia ai sensi della D.G.R. n.4229 del 25 ottobre 2015*" (SRIM), con cui sono stati individuati e codificati i corsi d'acqua in ambito comunale e proposta la delimitazione delle fasce di rispetto del reticolo idrografico, nonché definite le attività da vietare o regolamentare per la futura programmazione urbanistica, espresse in forma di Norme Attuative.

Il presente Studio Geologico (SG) e lo studio del reticolo idrografico minore (S.R.I.M.) costituiscono parte integrante del **Documento di Piano**.

La presente relazione è stata infine aggiornata recependo le osservazioni espresse dalla Regione Lombardia con parere del 15/01/2019.

1.1 Supporto cartografico utilizzato

Gli elaborati cartografici sono stati restituiti utilizzando come base topografica il rilievo aerofotogrammetrico comunale in formato vettoriale e la Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000, fogli B5d2 Casatenovo e B5d3 Usmate Velate.

Si sottolinea tuttavia come il rilievo aerofotogrammetrico sia risultato non completamente affidabile nella rappresentazione del reale tracciato dei corsi d'acqua e della morfologia delle aree strettamente limitrofe. Tutti gli elaborati grafici sono stati restituiti utilizzando la base cartografica del rilievo aerofotogrammetrico comunale alla scala 1:5000, ad eccezione della Carta di Fattibilità fornita alla scala 1:2000 per disporre di un maggior dettaglio nella restituzione cartografica, distinguendo un quadro di riferimento che rappresenta un settore nord-occidentale (A), uno nord-orientale (B), uno sud-occidentale (C) ed uno sud-orientale (D). e 1:2000, nonché la C.T.R. in scala 1:10.000. Essi sono stati georeferenziati secondo le coordinate chilometriche di riferimento nazionali UTM32_WGS84 e forniti su supporto informatizzato in modo che possano essere aggiornati in futuro.

1.2 Metodologia di indagine e aspetti generali relativi alla redazione degli elaborati cartografici

La redazione dello studio della componente geologica, idrogeologica e sismica ai sensi della normativa vigente e delle recenti direttive di applicazione, prevede l'elaborazione di una serie di carte tematiche corredate da una relazione geologico-tecnica, integrata da schede censimento descrittive dei principali aspetti territoriali riscontrati.

Per una migliore comprensione degli elaborati prodotti, gli studi sono stati uniformati secondo una modalità di lavoro composta essenzialmente da tre fasi d'indagine distinte: analisi, sintesi/valutazione e proposta.

1 - Durante la fase d'analisi si è proceduto alla predisposizione di cartografie tematiche di base resituite alla scala 1:5.000. Questi elaborati contengono il complesso dei dati geologici, pedologici, idrogeologici, geomorfologici e del dissesto, idrologici, sismici, etc. disponibili per il territorio d'indagine, anche relativi agli strumenti di pianificazione sovraordinata, opportunamente supportati da specifiche osservazioni di campagna.

2 - La fase di sintesi/valutazione deriva dalla valutazione incrociata dei dati acquisiti con la fase di analisi allo scopo di redigere una *carta dei vincoli*, che individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di carattere geologico, e una *carta di sintesi* con la quale viene fornito, mediante un unico elaborato, un quadro sintetico dello stato del territorio in funzione della pericolosità geologica, geotecnica e della vulnerabilità idraulica ed idrogeologica (situazioni di criticità).

Tale procedimento consente un'accessibile lettura da parte dei tecnici che collaborano alla pianificazione ed in modo particolare al coordinatore e al progettista dello strumento urbanistico e permette, alla luce

della pericolosità e/o del rischio accertati, di comprendere le vocazioni d'uso del territorio al fine di una corretta utilizzazione del medesimo per gli sviluppi urbanistici.

Anche in tale caso gli elaborati sono stati redatti alla scala 1:5.000.

3 - In conclusione, la fase di proposta si incentra essenzialmente sulla stesura della *carta della fattibilità* che porta alla suddivisione del territorio comunale in più classi di fattibilità geologico-ambientale in funzione della pericolosità. Si tratta di una carta applicativa, redatta alla scala 1:2.000, la stessa dello strumento urbanistico, distinguendo un settore nord-occidentale (A), uno nord-orientale (B), uno sud-occidentale (C) ed uno sud-orientale (D), e alla scala 1:10.000.

Questa carta applicativa costituisce lo strumento ultimo per la formulazione delle proposte concernenti la componente geologica nell'ambito del Documento di Piano e del Piano delle Regole (Piano di Governo del Territorio).

FASE DI ANALISI

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il Comune di Missaglia insiste nell'ambito della Brianza lecchese ed è costituito da un nucleo urbano principale e da frazioni ed agglomerati sparsi quali Molinata, Maresso, Contra, Lomaniga, Barriano, etc.; si ubica nell'estremità sud-occidentale della Provincia di Lecco, occupando una superficie complessiva di circa 11.5 km².

I limiti amministrativi sono rappresentati ad Ovest dai comuni di Monticello Brianza e Casatenovo, a Nord dai comuni di Viganò, Sirtori e La Valletta Brianza (ex Perego), ad Est da Montevecchia e a Sud e SudEst da Osnago e Lomagna.

L'altimetria varia da un minimo di 240 m s.l.m. nella porzione meridionale del territorio comunale al confine con il comune di Lomagna (località Bergamina), fino ad un massimo di circa 490 e 450 m s.l.m. rispettivamente all'estremità nord-orientale in corrispondenza del crinale di Montevecchia e nord-occidentale presso il rilievo sovrastante la frazione di Molinata al confine con Viganò (Figura 2.1).

Parte del territorio comunale è di pertinenza del Parco Naturale di Montevecchia e Valle del Curone istituito con L.R. 16\9\83, regolamentato dal piano territoriale di coordinamento (L.R. 29\4\95 n.39).

Relativamente agli ambiti urbanizzati, i nuclei storici sono interessati da un utilizzo residenziale mentre le realtà industriali-artigianali attive sono state decentrate negli ultimi anni alla loro periferia.

Per quanto concerne l'uso del suolo all'infuori dei settori urbanizzati, è possibile distinguere aree a prato e vasti settori ad uso seminativo semplice, l'attività agricola è infatti essenzialmente rivolta alla maiscoltura.

Nelle zone limitrofe è comunque attiva una storica tradizione vitivinicola affiancata negli ultimi anni dalla nascita di numerose aziende agricole che coltivano essenzialmente ortaggi in serra e, soprattutto sulle pendici della dorsale di Montevecchia, rosmarino.

In subordine si apprezzano specie vegetazionali arboree e arbustive perlopiù dislocate lungo i corsi d'acqua, sulle pendici dei terrazzi morfologici più acclivi e in corrispondenza della dorsale di Montevecchia.

L'ambito comunale si inquadra nel settore pedemontano delle colline moreniche lombarde, a valle del crinale di Molinata-Montevecchia che lo cinge a Nord ed Est, presenta morfologia identificata da blandi rilievi collinari formati da terreni di origine glaciale e fluviale di età quaternaria, depositatesi a seguito dell'azione erosiva/deposizionale del ghiacciaio dell'Adda secondo fasi di glaciazione distinte (denominate tradizionalmente Mindel, Riss, Würm) e della successiva sovrainposizione di processi erosivi legati all'azione delle acque correnti.

Il sistema idrografico è costituito dai corsi d'acqua Molgoretta, Lavandaia e Nava, a direzione preferenziale di scorrimento NordOvest-SudEst, che solcano ampie piane e/o vallate che si identificano tra i terrazzi/ripani morfologici e la dorsale di Molinata-Montevecchia. Detti corsi d'acqua costituiscono il recapito di numerose aste idriche tributarie, in genere di sviluppo modesto.



Figura 2.1 - Inquadramento territoriale

3. RETE IDROGRAFICA

3.1 Struttura del reticolo idrografico

La morfologia dell'area è il risultato dell'azione di escavazione glaciale avvenuta in epoca quaternaria ad opera della lingua della Brianza del ghiacciaio dell'Adda e della successiva sovrapposizione di processi erosivi legati all'azione fluviale e delle acque meteoriche.

Nello specifico l'attuale conformazione fisiografica del reticolo idrografico è il risultato dei processi erosivi ad opera delle acque di dilavamento ed incanalate, che si sono esplicati con marcate incisioni del profilo topografico (incisioni torrentizie), fenomeni favoriti dal contestuale innalzamento della crosta terrestre per implicazioni di carattere tettonico e con processi di alterazione chimico-fisica superficiale.

La conformazione e lo sviluppo del reticolo idrografico in ambito comunale, illustrati sulla Tavola 5 (Carta idrogeologica e del reticolo idrografico), è pertanto il risultato di dette implicazioni legate ai processi climatici e all'evoluzione morfologica, nonché conseguente ai caratteri litologici dei terreni affioranti e tettonico-strutturali (lineazioni, faglie e fratture) che hanno coinvolto i termini del substrato roccioso affiorante presso la dorsale di Molinata-Montevicchia.

La dinamica idraulica che caratterizza i singoli bacini insistenti in ambito comunale si contraddistingue per essere assai irregolare in quanto si assiste ad una notevole attività durante i periodi di maggiori precipitazioni meteoriche, contestualmente ad assenza o condizioni di minimo deflusso durante buona parte dell'anno. Il regime di portata è quindi a carattere torrentizio, concorde al regime meteorico stagionale.

In riferimento agli aspetti idrologici, si apprezzano tempi di corrivazione ridotti, favoriti dall'acclività dei versanti, dalle caratteristiche litologico-strutturali e dal tipo e sviluppo della vegetazione che permettono il convogliamento degli afflussi nelle singole aste idriche in brevi intervalli temporali e da queste ultime in quelle principali dei torrenti Molgoretta e Lavandaia.

In riferimento alla tematica in oggetto, in conformità alle indicazioni e prescrizioni della D.G.R. n.4229 del 23 ottobre 2015, è stata appositamente redatta una carta del reticolo idrografico comunale, con la quale viene proposta la perimetrazione delle fasce di rispetto fluviali in accordo con gli indirizzi della normativa vigente in materia (Tavole 1A÷1D e 2 a corredo dello studio di "*Determinazione del reticolo idrografico nel Comune di Missaglia ai sensi della D.G.R. n.4229 del 25 ottobre 2015*" – SRIM, Settembre 2016).

A tale documento si rimanda per gli approfondimenti del caso inerenti la struttura e la conformazione dei bacini idrografici e dei relativi corsi d'acqua sussistenti in ambito comunale, e alle attività svolte a corredo della sezione cartografica esplicative della metodologia di classificazione adottata.

A corredo della relazione tecnica di determinazione del reticolo idrografico è stata redatta una sezione "normativa" riguardante le attività vietate o soggette ad autorizzazione all'interno delle fasce di rispetto fluviali e la definizione dei criteri per l'esercizio delle attività di polizia idraulica sul reticolo idrografico ("*Regolamento comunale di polizia idraulica*").

3.2 Classificazione del reticolo idrografico

Fatto salvo il rimando alla “*Determinazione del reticolo idrografico*” (SRIM) a corredo del presente “*Studio della componente geologica, idrogeologica e sismica del territorio comunale*” (SG), si anticipa la classificazione delle acque pubbliche insistenti in ambito comunale secondo la normativa vigente.

Sono stati individuati i seguenti corsi d’acqua appartenenti al *reticolo idrografico principale* (Allegato A della D.G.R. n.4229 del 23 ottobre 2016):

- 1) **T. Molgoretta** (LC 006 – el. AAPP n.170) nel tratto “*dalla confluenza di quota 300 m s.l.m. presso la località Cascina Molgora al confine provinciale*”
- 2) **T. Lavandaia** (LC 008 – el. AAPP n.174) nel tratto “*da quota 310 m s.l.m. presso il cimitero comunale in località Rengione, allo sbocco*”.

Il *reticolo idrografico minore* è invece, di conseguenza, rappresentato dai tratti dei suddetti corsi d’acqua non indicati come tratto principale e da tutti i tributari naturali (torrenti e rii) ad essi afferenti.

I corsi d’acqua sono stati identificati, in assenza di toponimo di riferimento riportato sulla cartografia ufficiale (Carta Tecnica Regionale 1:10.000, mappe catastali comunali, cartografia I.G.M.), con una toponomastica informale che si riferisce a “nomi di luoghi limitrofi”.

4. ELEMENTI CLIMATOLOGICI

L'analisi effettuata ha permesso di definire il regime pluviometrico e termometrico dell'area in oggetto attraverso il reperimento dei dati disponibili in letteratura, scegliendo le stazioni di registrazione con serie storica più rappresentativa in termini di anni di misurazione.

Si premette come da tempo siano state disattivate molte stazioni appartenenti alla rete idrografica del Magistrato del Po per le quali la disponibilità delle registrazioni abbracciava un lasso temporale significativo. Allo stato attuale sussistono tuttavia stazioni termo-pluviometriche appartenenti alla rete di ARPA Lombardia o di proprietà di privati o di associazioni operanti nel settore ambientale, di recente installazione. Per queste ultime tuttavia la disponibilità di dati sul lungo periodo risulta lacunosa.

Considerando la valenza della caratterizzazione climatologica nell'ambito di uno studio geologico a supporto del Piano di Governo del Territorio quale quello in oggetto, il quadro proposto utilizzando i dati termometrici registrati alle stazioni di Milano (121 m s.l.m.) e quelli pluviometrici a Cremella (380 m s.l.m.), ritenute indicative delle caratteristiche climatiche del sito, per vicinanza all'area di intervento e in parte affinità dei caratteri fisiografici del territorio (altitudine, morfologia, etc.), appare del tutto rispondente alle finalità preposte.

4.1 Caratteristiche termometriche

Il regime medio annuo della temperatura relativo alla stazione di Milano (periodo 1931-1990) è da ritenersi comunque rappresentativo in quanto, data la situazione morfologica, le caratteristiche termometriche del territorio considerato sono in genere omogenee in un'intorno sufficientemente vasto dello stesso.

L'analisi dei dati conduce a definire una temperatura media annua di 13,7 °C, mentre le temperature medie massime e minime sono rispettivamente di 15,1 e 12,3 °C.

Come indicato nella Figura 4.1, la temperatura media mensile presenta un andamento unimodale con valori massimi in corrispondenza del mese di Luglio (24,8 °C), pressoché analoghi a quelli di Agosto (23,8 °C) e minimi nel mese di Gennaio (2,5 °C); l'escursione media annua è pertanto di 22,3 °C.

Durante il periodo di registrazione si evince che nel mese di luglio le temperature medie minime e massime variano tra 22,2 e 28,3 °C, mentre nel mese di gennaio tra -2,7 e 6,1 °C.

Alla luce delle elaborazioni condotte e considerando i valori di temperatura media annua, media dei mesi estremi e l'escursione termica, applicando la classificazione proposta da Koppen (1931) l'area risulta caratterizzata da clima "temperato subcontinentale" (tipo "C" di Koppen) in ragione di:

- una temperatura media annua fra 10 e 14.4 °C;
- una temperatura media del mese più freddo fra -1 e 3.9 °C;
- un periodo variabile da 1 a 3 mesi con temperatura media pari a 20 °C;
- una escursione annua superiore a 19 °C.

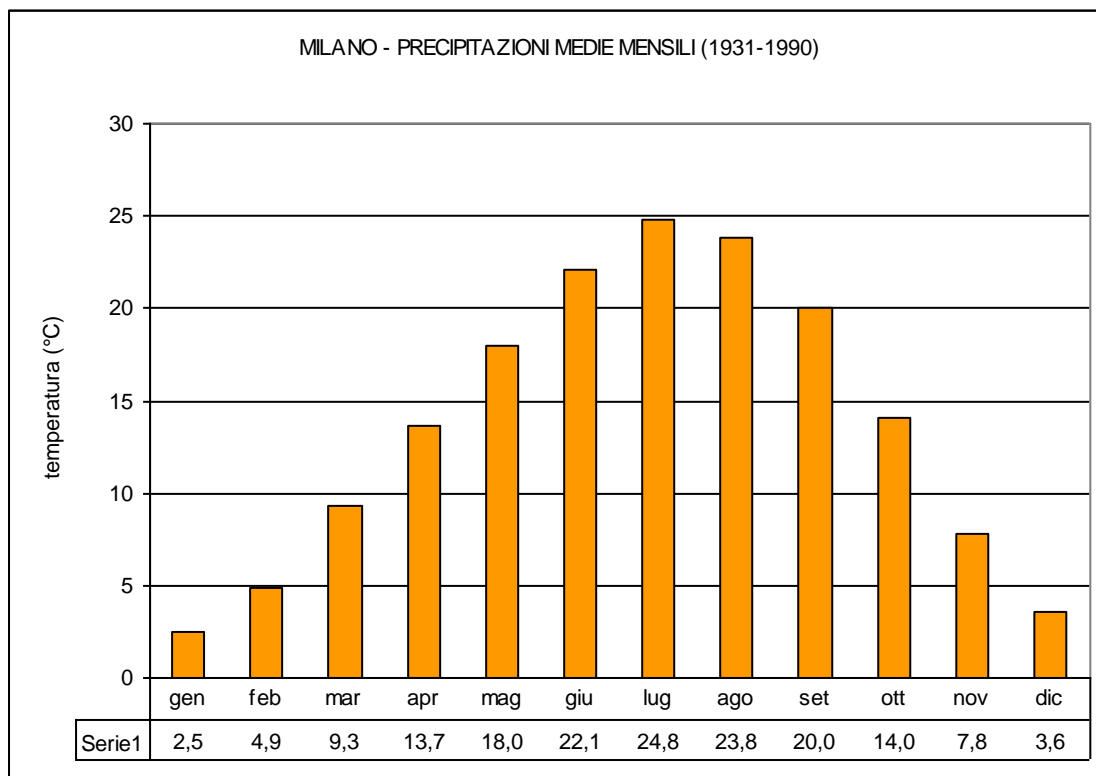


Figura 4.1 – Temperature medie mensili – Stazione di Milano

4.2 Caratteristiche pluviometriche

La caratterizzazione climatica del comprensorio geografico in oggetto, si basa sulle registrazioni effettuate alla stazione di Cremella per la quale è disponibile una serie di dati pluviometrici nel periodo 1964-1994 che permette di formulare considerazioni sufficientemente attendibili in base alla vicinanza al sito ed a similari caratteristiche orografiche ed altimetriche.

Nel periodo di riferimento le precipitazioni medie mensili che consentono di caratterizzare il regime pluviometrico della zona sono illustrate nell'istogramma di Figura 4.2; viene evidenziato un andamento bimodale con massimo assoluto di precipitazione nella stagione primaverile (mese di maggio con 202 mm) e massimo relativo in quella autunnale (mese di ottobre con 164 mm).

Il mese più siccitoso è febbraio, contraddistinto da una piovosità media di 75 mm.

Rispetto al totale annuo di 1493 mm registrato sul periodo di riferimento, l'apporto meteorico relativo al mese più piovoso e al mese più siccitoso è pari al 13,5 e al 5%.

Il regime pluviometrico dell'area sita al passaggio tra alta pianura e area pedemontana lombarda è pertanto caratterizzato da due massimi e due minimi di precipitazione nell'anno medio, con prevalenza del massimo primaverile sull'autunnale e con minimo invernale inferiore a quello estivo.

In base a tali considerazioni la distribuzione mensile degli afflussi meteorici permette di definire come "sub-litoraneo alpino" il regime climatico tipico dell'area.

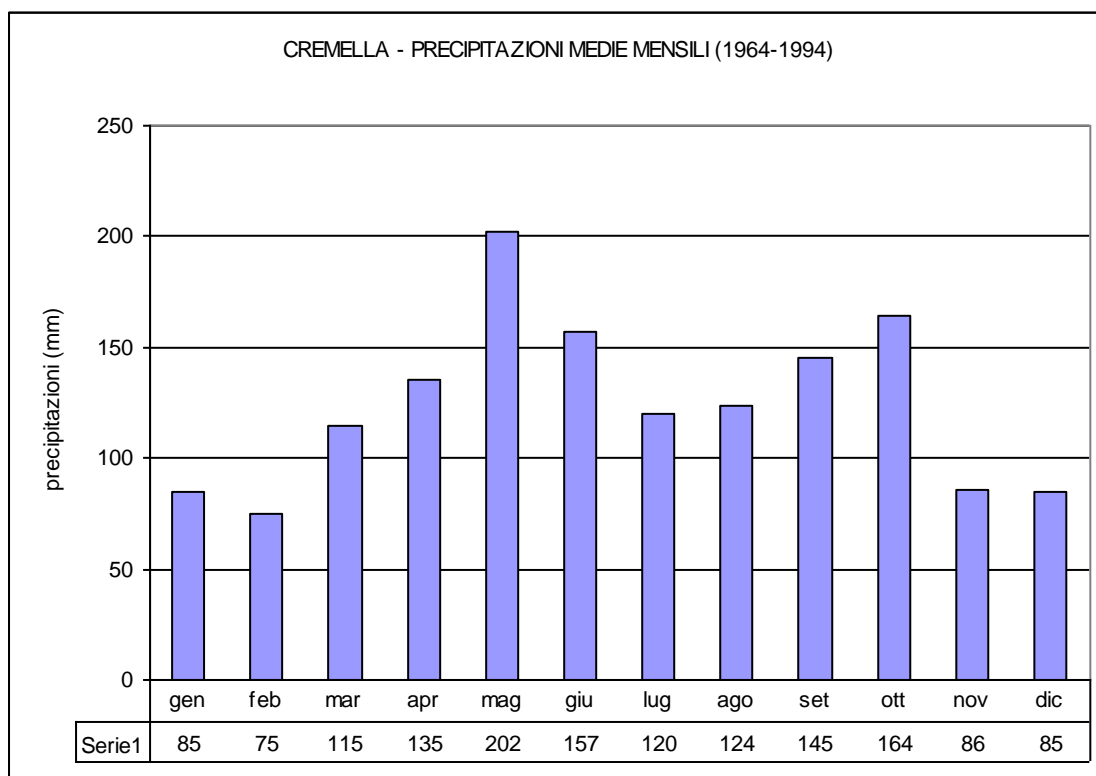


Figura 4.2 – Precipitazioni medie mensili – Stazione di Cremella

Per quanto attiene alle precipitazioni solide non esistono dati aggiornati. Nel passato la “Carta della precipitazione nevosa media annua in Italia nel quarantennio 1921-1960” del Ministero dei Lavori Pubblici riporta valori di 31÷40 cm di altezza della neve al suolo nella zona di studio.

Si osserva comunque che, in relazione anche ai cambiamenti climatici, si sono alternati nel periodo più recente anni con abbondanti apporti nevosi e anni con assenza di neve.

4.3 Idrologia: piogge intense e curva di possibilità pluviometrica

Lo studio delle precipitazioni di breve durata ed elevata intensità, intendendo per intensità il rapporto tra l'altezza di pioggia caduta e la durata dell'evento considerato, riveste un'importanza primaria nei calcoli delle portate di colmo di piena dei corsi d'acqua che si basano sul modello concettuale degli afflussi-deflussi ed è propedeutico alla progettazione di opere in ambito urbano.

I dati a disposizione vengono in genere ricavati dalle registrazioni effettuate presso le stazioni del Servizio Idrografico dotate di pluviografo registratore.

Per il tipo di elaborazioni da effettuare, i dati rilevati alla stazione di registrazione individuata devono essere rappresentativi per caratteristiche altimetriche, climatiche, morfologiche, per l'elevato numero di registrazioni nonché per la vicinanza al bacino considerato.

Bisogna peraltro precisare che una semplice stazione pluviometrica può fornire la sola "quantità" di pioggia caduta nell'arco di una giornata ed eventualmente di un singolo evento, ma non la reale "intensità" istantanea di una precipitazione.

E' comunque ragionevole ammettere e, l'esperienza lo conferma, che per zone estese qualche decina di km² il regime delle precipitazioni si mantiene abbastanza costante in assenza di forti discontinuità climatiche e orografiche.

Nel caso in oggetto, il campione delle precipitazioni significative, da 1 a 24 ore, su cui impostare l'indagine statistica per individuare le curve di possibilità climatica che caratterizzano il sito secondo la nota distribuzione probabilistica di Gumbel, deriva dalle osservazioni del Servizio Idrografico curate da ARPA Lombardia.

Il metodo permette di risalire alla frequenza probabile con cui si può manifestare un dato evento assegnato un tempo di ritorno T_r .

Fissare il tempo di ritorno significa stabilire statisticamente che un certo evento si verifichi mediamente una volta nell'intervallo temporale stabilito (probabilità di non superamento).

Questo tipo di determinazione informa anche sul livello di criticità di una precipitazione e rende noto ai progettisti il margine di rischio cui andrà incontro un'opera idraulica nel corso della sua vita.

Si può quindi ricostruire la relazione che lega l'altezza di pioggia h alla sua durata t (*curva segnalatrice di possibilità o pluviometrica*), che viene generalmente scritta nella seguente forma:

$$h = a \cdot t^n$$

dove

h = altezza di precipitazione [mm]

t = durata di precipitazione [ore]

a, n = parametri caratteristici della zona pluviometrica

Il sito ARPA, una volta definito il campione statistico delle precipitazioni intense per la località in esame, fornisce il foglio elettronico per il calcolo dei parametri idrologici necessari all'elaborazione delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica.

In Figura 4.3 viene proposta la tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate di precipitazione e dei tempi di ritorno.

In Figura 4.4 sono illustrate graficamente le relative curve segnalatrici di possibilità pluviometrica elaborate per l'area di Missaglia.

Tr	2	5	10	20	50	100	200
wT	0,93602	1,27454	1,49956	1,71607	1,99729	2,20875	2,42006
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni
1	29,5	40,2	47,3	54,1	63,0	69,6	76,3
2	36,6	49,9	58,7	67,1	78,1	86,4	94,7
3	41,5	56,6	66,5	76,2	88,6	98,0	107,4
4	45,4	61,9	72,8	83,3	96,9	107,2	117,4
5	48,7	66,3	78,0	89,3	103,9	114,9	125,9
6	51,5	70,2	82,6	94,5	110,0	121,6	133,2
7	54,1	73,6	86,6	99,1	115,4	127,6	139,8
8	56,4	76,7	90,3	103,3	120,3	133,0	145,7
9	58,5	79,6	93,7	107,2	124,7	138,0	151,2
10	60,4	82,3	96,8	110,8	128,9	142,6	156,2
11	62,2	84,7	99,7	114,1	132,8	146,8	160,9
12	63,9	87,1	102,4	117,2	136,4	150,9	165,3
13	65,5	89,3	105,0	120,2	139,9	154,7	169,5
14	67,1	91,3	107,5	123,0	143,1	158,3	173,4
15	68,5	93,3	109,8	125,6	146,2	161,7	177,2
16	69,9	95,2	112,0	128,2	149,2	165,0	180,8
17	71,3	97,0	114,2	130,6	152,0	168,1	184,2
18	72,5	98,8	116,2	133,0	154,8	171,2	187,5
19	73,8	100,4	118,2	135,2	157,4	174,1	190,7
20	74,9	102,1	120,1	137,4	159,9	176,9	193,8
21	76,1	103,6	121,9	139,5	162,4	179,6	196,7
22	77,2	105,1	123,7	141,5	164,7	182,2	199,6
23	78,3	106,6	125,4	143,5	167,0	184,7	202,4
24	79,3	108,0	127,1	145,4	169,3	187,2	205,1

Figura 4.3 - Precipitazioni previste al variare di t e di Tr (da ARPA Lombardia)

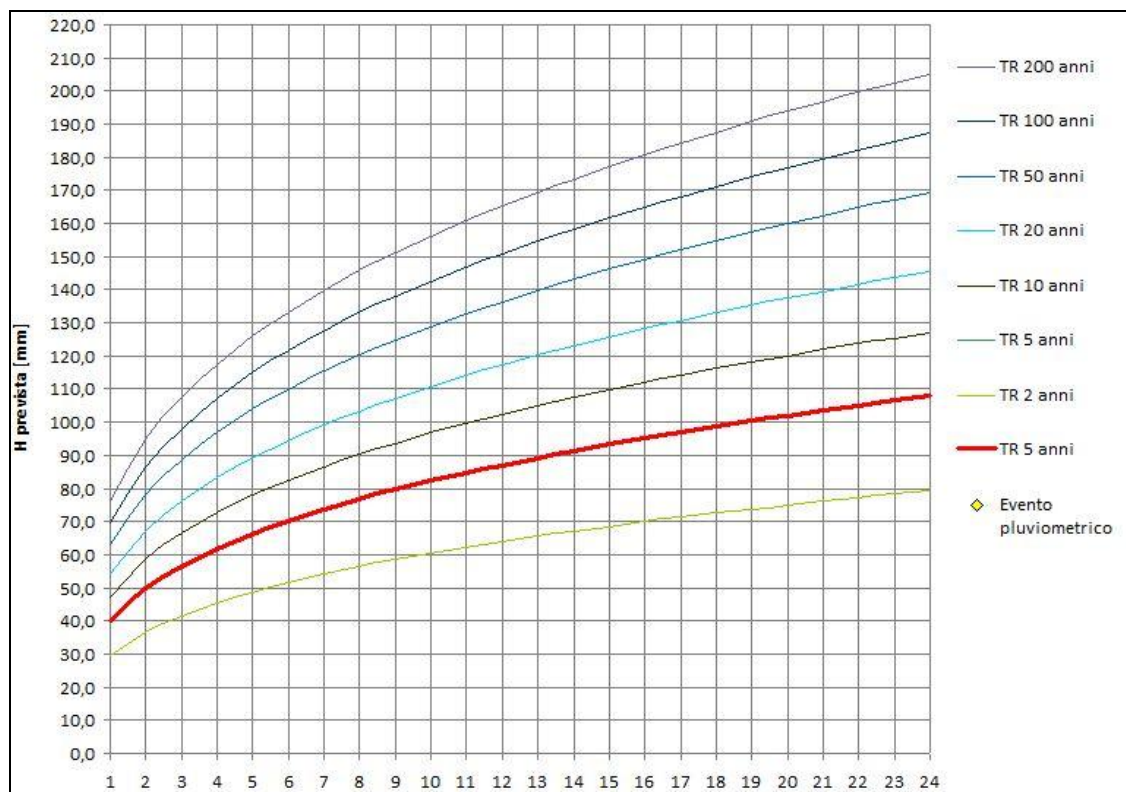


Figura 4.4 - Curve di possibilità pluviometrica (da ARPA Lombardia)

5. CARATTERI GEOMORFOLOGICI DEL TERRITORIO COMUNALE

L'area in esame si ubica al passaggio tra l'alta pianura lombarda e la fascia pedemontana dell'anfiteatro morenico lariano; essa presenta una morfologia caratterizzata da un insieme di rilievi e pianalti collinari separati da ampie vallate dal fondo pianeggiante, solcate dai corsi d'acqua principali, limitate da versanti poco inclinati e ribassate anche alcune decine di metri.

Tale assetto è il risultato del rimodellamento delle strutture prequaternarie ad opera dell'azione delle fiumane glaciali che hanno portato alla formazione di rilievi collinari e forme terrazzate, successivamente profondamente incisi a seguito di fenomenologie a carattere erosivo ad opera delle acque correnti, consesguenti allo sviluppo del reticolo idrografico.

Le modalità genetiche e la tipologia di evoluzione responsabili del modellamento delle forme del territorio, dipendono da fattori geologici (litologia e assetto strutturale), dagli agenti esogeni e dalle condizioni climatiche. In tale ottica anche la vegetazione riveste notevole importanza in quanto controlla la mobilitazione dei detriti e protegge da fenomeni di erosione anche se, d'altra parte, contribuisce all'alterazione di rocce e terreni.

Le fiumane glaciali alpine e prealpine, a seguito dell'azione di erosione, trasporto e sedimentazione in epoca pleistocenica e tardo pleistocenica (alternanze di fasi deposizionali ed erosive avvenute durante le glaciazioni quaternarie nel periodo ad esse successivo), hanno determinato la formazione di un anfiteatro morenico e di un sistema di terrazzi fluviali disposti al piede. Ulteriori terrazzi di origine alluvionale sono rinvenibili perlopiù in strette fasce lungo i corsi d'acqua principali.

Nell'area di indagine possono essere identificate differenti "unità fisiografiche" individuate da forme omogenee e da suoli contraddistinti da analogo grado di evoluzione, i cui limiti non sono di tipo stratigrafico bensì morfologico.

Gli elementi più significativi rilevabili alla scala del territorio comunale e in un suo intorno sono pertanto rappresentati dall'area di affioramento del substrato roccioso, dalle cerchie moreniche concentriche (propaggini distali delle morene più antiche del Mindel-Riss Auct. secondo la tradizionale denominazione), dal sistema di terrazzi fluviali antichi (Fluviale Mindel Auct.) e dalle alluvioni recenti e attuali, queste ultime poste in corrispondenza delle vallate dei corsi d'acqua principali.

Si possono quindi riconoscere, in ordine cronologico dai più antichi ai più recenti, i seguenti sistemi:

- dorsale di Molinata-Montevicchia
- cerchia morenica del Mindel Auct.
- fluviale Mindel Auct. (Diluvium antico)
- cerchia morenica del Riss Auct.
- depositi fluviali-alluvionali recenti

La dorsale di Molinata-Montevicchia si individua nella porzione nord e nord-orientale del territorio comunale; è caratterizzata da versanti acclivi, lungo i quali si apprezzano limitati fenomeni erosivi con piccoli orli di scarpata in erosione, con substrato roccioso da affiorante a sub-affiorante. Alle pendici sono

presenti depositi superficiali di origine eluvio-colluviale. I torrenti, a carattere stagionale, incidono il versante dando origine a strette vallecole a forma di "V" delimitati da orli di scarpata torrentizia aventi un'altezza compresa tra 1 e 4 m.

La cerchia morenica del Mindel Auct. costituisce un'unità fisiografica caratterizzata da dossi blandamente ondulati con scarpate di raccordo alla piana aventi debole pendenza, ed è interessata dalla presenza di vallecole fortemente incise.

Il tratto di cerchia in esame si estende dalle località Caparra ed Ossola sino a ricomprendere parte dell'abitato di Missaglia, la frazione Barriano e Maresso (pro parte).

I caratteri pedologici dell'unità sono identificati dalla presenza in superficie di argille e limi rossastri dello spessore di alcuni metri con substrato ciottoloso-ghiaioso fortemente alterato.

L'assetto idrografico, ovvero la formazione delle vallecole, a disposizione radiale centrifuga, consegue agli effetti di erosione regressiva avvenuta in seguito all'abbassamento del livello di base, dalla superficie del "Fluviale Mindel o Diluvium antico Auct." a quella dell'unità inferiore, che ha determinato l'asportazione dei depositi attigui e l'isolamento dei terrazzi.

Il reticolato idrografico sovrainposto presenta la maggiore densità di drenaggio secondo la direzione di massima pendenza.

Lungo i versanti di raccordo tra i ripiani e la sottostante pianura si impostano in prevalenza fenomeni di erosione superficiale come scivolamenti, solchi di ruscellamento concentrato, risorgive con testate d'erosione e vallecole in approfondimento delimitate da orli di scarpata in erosione.

Il fluviale Mindel Auct. (Diluvium antico), forma il ripiano altimetricamente più elevato di Maresso (pro parte), Butto e Lomaniga, all'estremità sud-orientale del territorio comunale, bordato da scarpate aventi dislivello anche maggiore di 10 m rispetto alla piana alluvionale; la superficie sommitale è modellata da numerose e blande ondulations ed è anch'essa interessata dalla presenza di vallecole che incidono fortemente il rilievo topografico.

I caratteri pedologici e quelli idrografici dell'unità in esame sono analoghi a quelli descritti per l'unità della cerchia morenica del Mindel Auct..

La cerchia morenica del Riss Auct. presenta una morfologia più fresca rispetto a quella del sistema morenico mindeliano in quanto i rilievi collinari concentrici, attribuiti a questa unità, sono riconoscibili con maggiore facilità sul terreno. L'unità in questione forma infatti la cerchia morenica di Missagliola-Contra e Missaglia, in posizione intermedia tra i più esterni lembi della morena mindeliana e le più interne cerchie würmiane (non presenti in ambito comunale). I versanti possono raggiungere pendenze dell'ordine del 15-20%, mentre il reticolo idrografico è caratterizzato da impluvi piuttosto incisi, di tipo centrifugo, quali ad esempio la Roggia Nava.

In corrispondenza di questo ripiano e di quello del Mindel sorgono numerosi insediamenti antropici.

Analogamente a quanto indicato per i depositi del Mindel Auct., al raccordo tra i ripiani morfologici e la sottostante pianura si impostano fenomenologie di dissesto superficiale (scivolamenti, solchi di ruscellamento concentrato, etc.)

I depositi fluviali-alluvionali recenti si apprezzano rispettivamente come colmamento delle vallate principali, laddove morfologicamente identificano pianori della larghezza di 50-100 m, ribassati rispetto ai rilievi terrazzati che li racchiudono, e in affioramento lungo i corsi d'acqua principali (R. Nava, T. Lavandaia e T. Molgoretta).

Durante l'evoluzione iniziale questi sistemi vallivi sono stati sede di scaricatori fluviali appartenenti all'apparato glaciale lariano; le evidenze geomorfologiche consentono infatti di affermare che tali valli, attualmente percorse da rogge di proporzioni modeste, sono state incise da corsi d'acqua con portate decisamente superiori. I versanti di raccordo hanno pendenza accentuata di 20-40°.

In tempi più recenti ed anche attualmente sono subentrati fenomeni di tipo essenzialmente erosivo, favoriti dal sollevamento dell'area, che hanno determinato fenomeni di incisione d'alveo e forme terrazzate di erosione fluviale.

La successiva riduzione di portata del corso d'acqua ha praticamente disattivato i processi fluviali, limitandoli esclusivamente alle aree di fondovalle e/o di incisione d'alveo, nelle quali si osservano piccole barre ghiaiose.

I processi geomorfici in atto in queste aree sub-pianeggianti sono connessi esclusivamente all'azione delle acque correnti superficiali. Si tratta di processi erosivi lungo le sponde dei torrenti o di limitati processi di accumulo in corrispondenza della piana alluvionale durante le esondazioni.

6. ASSETTO GEOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE

L'area di studio è situata all'estremità meridionale del Sudalpino, i cui termini rocciosi, di età cretaceo-paleocenica affiorano in corrispondenza della dorsale di Montevecchia e rappresentano le ultime propaggini a Nord della pianura padana. A valle si assiste alla presenza di ampie conche vallive che digradano dolcemente verso Sud, colmate da depositi fluviali ed alluvionali di età quaternaria, interrotte nella loro continuità da rilievi collinari terrazzati risultato dell'azione di erosione, trasporto e deposizione ad opera del fronte glaciale dell'Adda.

Durante il periodo Quaternario il territorio comunale di Missaglia è stato interessato da distinte fasi glaciali indicate in letteratura come glaciazione del Mindel, del Riss e del Würm Auct., ascrivibili alla lingua della Brianza che si biforcava da quella principale abduana in corrispondenza del Monte Barro.

Il fronte glaciale diretto verso la pianura modellò le formazioni rocciose affioranti e trasportò ingenti quantità di materiale sciolto che, durante le singole fasi di ritiro del ghiacciaio, vennero depositate dando origine ai depositi glaciali.

L'ultima fase di modellamento del territorio è rappresentata dall'azione erosiva e di trasporto dei torrenti attuali che hanno determinato la sovrapposizione di depositi morenici e fluviali ed hanno concorso alla formazione delle principali vallate e dei terrazzi fluviali.

In sintesi il quadro geologico in essere consta in una coltre di depositi incoerenti, di origine glaciale e fluviale/alluvionale, che identificano anche differenti unità litologico-formazionali in base ai processi che li hanno generati, poggianti sopra depositi di origine alluvionale denominati informalmente del Ceppo Auct., i più antichi rinvenibili nel sottosuolo e in affioramento presso l'area di indagine; essi sono riscontrabili sporadicamente lungo le sponde e in alveo dei corsi d'acqua principali, in quanto portati a giorno dall'erosione fluviale.

Il complesso descritto si sovrappone a sua volta, almeno nel settore settentrionale ed orientale del territorio comunale (località Molinata e dorsale di Montevecchia), sui termini del substrato roccioso pre-quaternario.

6.1 Cartografia geologica secondo la nomenclatura tradizionale delle unità affioranti

I caratteri litologici salienti delle unità affioranti nell'ambito comunale e di quelle presenti nel sottosuolo vengono di seguito brevemente descritti secondo la nomenclatura classica, procedendo dalla più antica alla più recente, mentre il loro sviluppo areale è illustrato nella carta geologica di Tavola 1 (scala 1:5.000), che riporta anche i principali elementi morfologici e strutturali.

Substrato roccioso pre-quaternario – è identificato da due unità litostratigrafiche principali rappresentate dal Flysch di Bergamo e dalla Scaglia lombarda, rispettivamente attribuite al Cretaceo superiore e all'Eocene inf..

Il Flysch di Bergamo, è un deposito torbiditico costituito da alternanze di arenarie e marne con intercalazioni di orizzonti calcarenitici marnosi. I livelli arenacei sono ricchi in minerali micacei e presentano laminazione parallela, incrociata e ondulazioni, strutture tipiche dei depositi di origine

torbida. Localmente sono presenti calcari marnosi in bancate di notevole spessore; nello specifico, all'interno di questa formazione è presente un orizzonte conosciuto in letteratura come *Megastrato di Missaglia (Missaglia Megabed)* costituito da un conglomerato basale dello spessore di 1 m circa che passa verso l'alto a calcareniti e marne; nel complesso ha uno spessore di 20-25 m.

L'origine di questo orizzonte sembra essere legata ad una frana sottomarina conseguente ad un evento sismico avvenuto in area distante; il Megabed affiora in località "Cava di Pietra" (via alle Valli), laddove è stato oggetto di coltivazione sino ad alcuni decenni orsono e si può seguire per una estensione di almeno 12 km.

I *megabed* (o megatorbidi) rivestono valenza stratigrafica essendo praticamente "istantanei" dal punto di vista deposizionale e potendo essere riconosciuti su vaste aree (*livelli marker*).

Come più volte indicato, l'unità del Flysch di Bergamo affiora in corrispondenza del rilievo in località Molinata e costituisce l'ossatura della dorsale di Montevecchia a partire dalla località Valle Santa Croce.

Lo spessore complessivo del Flysch di Bergamo, sebbene di difficile quantificazione in ragione delle implicazioni tettoniche che hanno coinvolto i termini della successione, risulta stimato in 500-800 m.

La Scaglia lombarda, è costituita da un'alternanza di sottili strati marnosi dalla tipica frattura scagliosa, calcari (marnosi e selciferi), calcareniti e arenarie medio-fini, con uno spessore complessivo pressoché simile a quello del Flysch di Bergamo; tale formazione affiora in corrispondenza dell'incisione del T. Molgoretta all'altezza di Cascina Pianetta, al nucleo della sinclinale di Missaglia (cfr. § 5.3).

Conglomerati del "Ceppo lombardo Auct." - questa unità risulta stratigraficamente sovrapposta alle "argille" villafranchiane (rinvenute nei pozzi per acqua presenti nell'area e non direttamente in affioramento), oppure può giacere in discordanza direttamente sul substrato roccioso pre-quadernario; essa ha una notevole diffusione in tutto il settore pedemontano e nell'alta pianura milanese e affiora lungo gli alvei dei fiumi Lambro e Adda ("Ceppo" dell'Adda) e in alcuni casi anche lungo i loro affluenti principali. Nel caso in esame costituisce l'ossatura del rilievo in destra idrografica del T. Lavandaia all'altezza del campo sportivo, nonché affiora con discreta continuità in alveo più a valle. Relativamente al T. Molgoretta, i conglomerati del Ceppo Auct. affiorano o risultano sub-affioranti in alveo in tutto il tratto a valle di Cascina Pianetta e costituiscono l'ossatura del rilievo di Cascina Butto (località Lomaniga).

Litologicamente si tratta di conglomerati poligenici e arenarie, talora fratturati e con vario grado di cementazione, passanti localmente, soprattutto verso la base, a ghiaie e sabbie sciolte; lo spessore dell'unità nel complesso risulta notevole (circa 40 m); gli aspetti granulometrici e la composizione petrografica risultano fortemente disomogenei. La datazione del deposito è incerta, forse attribuibile al Pleistocene inferiore (interglaciazione Gunz-Mindel, circa 700.000 anni fa), così come l'origine, legata probabilmente ad ambiente fluviale a canali anastomizzati.

Al di sopra dei conglomerati compare la serie glaciale formata da terreni a carattere perlopiù sciolto, rappresentata dalle unità Mindel, Riss e Würm Auct.; queste costituiscono le già descritte unità fisiografiche, identificate sulla base di caratteri morfologici e con suoli a differente grado di evoluzione.

Morenico Mindel Auct. - Nell'area in esame il Mindel compare sotto forma di depositi glaciali e fluviali. I terreni attribuiti al glaciale Mindel rappresentano il sistema di cordoni morenici più antichi rinvenibili nella

fascia esterna dell'anfiteatro morenico lariano; l'unità sormonta i depositi conglomeratici del "Ceppo" con superficie di contatto ad andamento irregolare, talora compenetrata negli affioramenti sottostanti.

I depositi glaciali formano il pianalto affiorante in località Caparra e Ossola, Barriano e Missaglia (capoluogo), costituente la propaggine più meridionale del suddetto cordone, interrotto nella sua continuità dalla valle del T. Lavandaia. Oltre che sotto l'aspetto morfologico, l'identificazione viene eseguita sulla base di caratteri pedologici in quanto l'unità presenta suoli evoluti di colore rossastro, argillificati e decarbonatati ("ferretto vetusol") impostati su copertura di tipo loessico.

Il suolo a ferretto è il prodotto dell'alterazione superficiale dei depositi del Mindel-Riss Auct., tipicamente argilloso, impermeabile, contenente residui completamente disgregati della frazione ciottolosa e ghiaiosa dell'originario deposito. Il ferretto è un suolo lateritico, acido, ricco di ossidi ed idrossidi di ferro, che non consente l'instaurarsi di significativi livelli di humus superficiale e ben si presta alla colonizzazione vegetale boschiva.

Il substrato ghiaioso è anch'esso fortemente alterato per spessori cospicui, con ciottoli di origine alpina (serpentini e graniti) in disfacimento.

La copertura superficiale di loess (deposito eolico) è facilmente riconoscibile poiché monogranulometrica a prevalente componente siltoso-sabbiosa (priva di ciottoli), dello spessore anche di circa 3 m.

Una caratteristica peculiare dei terreni morenici del Mindel Auct., che tuttavia interesserebbe anche i coevi depositi fluviali, è la presenza dei cosiddetti "occhi pollini" o "nespolini", ovvero scavernamenti e cavità contenute all'interno dei terreni argillosi, rinvenibili a profondità variabili da 3 a 10 m, generatesi a seguito di fenomeni d'alterazione e di soluzione del materiale argilloso ad opera delle acque di percolazione.

Tali cavità risultano particolarmente pericolose per la stabilità dei manufatti soprattutto in ragione delle loro dimensioni che talora possono risultare di diversi m³.

Fluviale Mindel Auct. - I depositi mindeliani costituiscono il terrazzo morfologico altimetricamente più elevato che si rinviene nell'area di indagine. Analogamente a quanto indicato per i depositi morenici del Mindel, si apprezza uno strato superficiale di alterazione rossastro ("ferretto vetusol"), di spessore prossimo a 10 m, completamente argillificato e decarbonatato. Litologicamente l'unità è costituita da argille e limi con substrato ghiaioso fortemente alterato, con ciottoli granitoidi e arenacei in disfacimento, comunque immersi in matrice argilloso-limosa percentualmente elevata.

L'unità presenta spessore variabile da 10 a circa 30 m ed affiora ad Est del coevo cordone morenico in località Maresso.

I depositi del Mindel Auct. sono caratterizzati da una permeabilità superficiale estremamente scarsa, per cui vengono favoriti il ristagno e il deflusso superficiale delle acque meteoriche.

Morenico Riss Auct. – Rappresentano i depositi appartenenti della cosiddetta morena intermedia, posta tra quella mindeliana più esterna e quella würmiana più interna (quest'ultima non affiorante in ambito comunale). I terreni del morenico Riss sono caratterizzati dal punto di vista litologico dalla presenza di massi erratici, materiale misto alpino e prealpino e ciottoli calcarei striati, il tutto immerso in una matrice argillosa-sabbiosa con disposizione caotica. La distinzione principale è da ricondursi all'orizzonte di alterazione superficiale che ha uno spessore di circa 2-3 m, al cui interno non si rinviene materiale

calcereo striato, tipico di ambienti glaciali, ma ciottoli alterati da processi di caolinizzazione di litotipi cristallini, immersi in abbondante matrice argillosa. Sulla superficie dei terreni rissiani i ciottoli calcarei sono assenti oppure ne rimane il solo scheletro esterno completamente decarbonato.

L'unità affiora estesamente in corrispondenza del settore orientale del territorio comunale laddove costituisce il ripiano di Missagliola e Contra.

Depositi fluviali e alluvionali recenti – Sono legati all'azione di trasporto e deposito delle acque correnti e di dilavamento; i depositi fluviali formano la piana alluvionale e le strette pertinenze dei corsi d'acqua principali, sono costituiti prevalentemente da sabbie, ghiaie e ciottoli in abbondante matrice sabbioso-limosa, sedimentatisi a seguito dei processi di decantazione.

I depositi fluviali manifestano generalmente una tessitura poco caotica e una evidente selezione, classazione e arrotondamento degli elementi, essendo preponderante l'azione di trasporto delle acque.

Solo localmente possono presentare uno strato di alterazione superficiale, di ridotto spessore in quanto limitato a 1 m, identificato da suoli ad evoluzione poco spinta di colore bruno, con substrato ghiaioso mai alterato. Il loro spessore è comunque da ritenersi assai esiguo, dell'ordine di pochi metri.

I depositi alluvionali recenti colmano invece il greto dei principali torrenti e degli impluvi ad essi tributari e sono costituiti in prevalenza da sedimenti ciottolosi, ghiaiosi e sabbiosi poco o nulla alterati, posti su ripiani localizzati lungo il corso d'acqua a quota più bassa rispetto alla piana alluvionale.

Depositi eluvio-colluviali - sono depositi costituiti da ciottoli e ghiaia immersi in abbondante matrice sabbiosa e limoso-sabbiosa; derivano dall'azione disgregatrice chimico-fisica in sito ad opera degli agenti atmosferici (eluvio), oppure dall'azione dilavante delle acque superficiali non incanalate, con trasporto e successiva sedimentazione (rimaneggiamento) in area differente dall'originaria (colluvio).

Si apprezzano indicativamente alla base dei versanti più scoscesi che costituiscono la dorsale di Molinata-Montevicchia, con particolare riguardo allo sviluppo della valle della Molgoretta.

6.2 Cartografia geologica secondo le unità litostratigrafiche quaternarie

Le unità geolitologiche presenti in affioramento riportate in Tavola 2 sono quelle desunte dalla cartografia del Progetto CARG a cura della Regione Lombardia, nella fattispecie relative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 096 Seregno e Foglio 097 Vimercate.

Si tratta di unità e termini formazionali definiti dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano - Gruppo Quaternario (Bini A., 1987) acquisiti con le tecniche di rilevamento proprie del Quaternario e distinte in base al bacino di appartenenza, successivamente fatti propri dal citato Progetto CARG.

Eventuali discrepanze tra il tracciamento dei limiti delle unità formazionali e gli elementi topografici o morfologici sono essenzialmente legate al maggior dettaglio della base topografica utilizzata rispetto a quella di riferimento della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 adottata per le descrizioni.

Le unità di affioranti in Comune di Missaglia comprendono una serie di sedimenti con caratteristiche geologiche e grado di alterazione profondamente diversi, su cui si sovrappongono coltri di loess

variamente pedogenizzate e depositi con caratteristiche miste come ad esempio i terreni appartenenti al Supersistema di Venegono che hanno origine dai processi di alterazione in sito dei termini preesistenti, con successivo trasporto ad opera della gravità e/o delle acque di scorrimento superficiale e sedimentazione in aree anche del tutto differenti e lontane da quella sorgente.

Le unità litostratigrafiche sono di seguito elencate e descritte dalla più recente alla più antica.

COPERTURE LOESSICHE - le unità loessiche ricoprono buona parte del territorio; tuttavia esse non vengono cartografate onde dare maggior risalto alle unità litostratigrafiche affioranti.

La copertura di loess è in realtà il risultato della sovrapposizione di più coltri depositatesi in corrispondenza dell'avanzata dei ghiacciai nella porzione frontale. Sulle morene più vecchie può essere presente l'intera successione di coltri loessiche, su quelle più recenti si avrà invece solo l'ultima copertura. La litologia prevalente è data da limi e limi sabbiosi; poiché questi sedimenti sono stati spesso rimobilizzati ad opera delle acque circolanti o per trasporto in massa, possono essere presenti ciottoli sparsi di dimensione centimetrica.

Lo spessore della copertura loessica è variabile in conseguenza della modalità deposizionale, maggiore nelle depressioni vallive e minore sui dossi collinari. Le caratteristiche variano a seconda dell'età della copertura e quindi con l'intensità della pedogenesi. In corrispondenza della cerchia morenica più esterna del Mindel, in affioramento si apprezza un deposito di loess fortemente arrossato (colore 5YR delle tavole *Munsell*, occasionalmente 2.5YR), con presenza di abbondanti patine e noduli di Ferro e Manganese, estremamente indurito. Le coperture successive presentano pedogenesi meno evoluta e con arrossamento inferiore. Anche l'indurimento diminuisce progressivamente.

SUCCESSIONE NEOGENICO-QUATERNARIA

Unità non distinta in base al bacino di appartenenza

SINTEMA DEL PO – (POI - Unità Postglaciale) – i depositi dell'Unità Postglaciale sono quelli sedimentati successivamente al ritiro dell'ultima fase glaciale. Sono rappresentati perlopiù da depositi fluviali, a litologia ghiaiosa con supporto clastico, in prevalenti strati planari, con ciottoli embricati, spesso organizzati in letti a diversa granulometria, sabbie e limi da massivi a laminati (depositi fluviali e di esondazione). I ciottoli sono da subarrotondati a arrotondati con alterazione assente.

Possono costituire dei terrazzi di altezza compresa tra 0.5-1 m, all'interno delle valli presenti nel territorio comunale.

Sono presenti alternanze di livelli fini e livelli ghiaiosi a sottolineare la presenza di depositi lacustri, mentre depositi di versante e colluviali sono identificati qualora si apprezzano ghiaie e sabbie, limi con clasti sparsi. In presenza di blocchi è possibile identificare il deposito come accumulo di frana.

La superficie limite superiore è poco o nulla alterata, caratterizzata da entisuoli ed inceptisuoli.

Età: Pleistocene sup-Olocene

Area di affioramento: i depositi affiorano in corrispondenza del tracciato del T. Lavandaia, accorpando localmente al porzione alla base del versante.

UNITÀ DEL BACINO DELL'ADDA

SUPERSINTEMA DI BESNATE – l'unità è identificata da depositi fluvioglaciali e glaciali, caratterizzati da profili d'alterazione poco evoluti, che raggiungono spessori sino a 4 m. Copertura loessica sporadica. Le forme sono ben conservate a costituire i cordoni morenici (pro parte) e le piane fluvioglaciali terrazzate.

UNITA' DI CADORAGO (BEE) – i depositi fluvioglaciali sono costituiti nel dettaglio da ghiaie massive od organizzate, a supporto di clasti o di matrice, con ciottoli di dimensioni massime da centimetriche a 30 cm, poligenici, con intercalazioni sabbiose. L'alterazione è in genere scarsa, limitata in genere a 4 m.

I ciottoli a componente carbonatica ed arenacea sono in genere decarbonatati fino a questa profondità, mentre quelli ignei e metamorfici risultano meno alterati.

I depositi glaciali sono rappresentati da diamicton a supporto di matrice limosa. L'alterazione è limitata alla porzione superficiale. Presenza di limi (depositi di esondazione). La copertura loessica è discontinua

Età: Pleistocene medio- Pleistocene sup.

Area di affioramento: *i depositi in oggetto affiorano in corrispondenza di Missagliola in una fascia allungata lungo la R. Nava, presso il settore di pertinenza del T. Lavandaia sino all'altezza del campo sportivo (Molinata e Missaglia) e in tutta l'area in destra idrografica a valle (zona industriale, Cascina Novaglia, Molino Frattino, Molino Cattaneo, Bergamina), sempre con sviluppo allungato. Analogamente si identificano lungo la valle o in posizione limitrofa al T. Molgoretta (da valle Santa Croce a Lomaniga) e di alcuni suoi tributari principali.*

SINTEMA DI BINAGO (BIN) – i depositi in oggetto costituiscono sia morene ben distinte e rilevate sia piane fluvioglaciali. L'unità in facies fluvioglaciale è data da ghiaie massive o debolmente orientate a supporto di matrice, con clasti discretamente selezionati, sub arrotondati, localmente embricati.

I clasti, di dimensione massima 50 cm, sono poligenici, a dominanza di litologie locali oppure carbonatici (parzialmente decarbonatati), metamorfici (facies degli scisti verdi) con un cortex di alterazione millimetrico, granitoidi arenizzati e quarziticci.

La matrice è costituita da sabbie medio grossolane e limi sabbiosi, colore 7.5YR e 10YR, ghiaie a supporto clastico o al limite del supporto clastico.

L'alterazione è poco evoluta ed interessa uno spessore medio di 50 cm.

L'unità in facies glaciale vede la presenza di diamicton massivi a supporto clastico e di matrice. I clasti hanno dimensione massima di 15 cm, quelli carbonatici e arenitici (flysch) risultano argillificati, mentre la frazione ignea e metamorfica è arenizzata o argillificata (ultramafiti con cortex di alterazione).

La matrice è costituita da limi argillosi di colore 7.5YR.

La superficie limite superiore è caratterizzata da un profilo di alterazione evoluto, di spessore non valutabile con copertura loessica a *fragipan* sempre presente.

Età: Pleistocene medio

Area di affioramento: *i depositi affiorano a partire dalla località Molinata, sul lato occidentale del dosso collinare, verso Missaglia (capoluogo) laddove identificano il cordone morenico principale, nonché lungo una fascia allungata da Missagliola a Cascina Agazzino (località Contra)*

SINTEMA DELLA SPECOLA (PEO) – i termini in oggetto affiorano nel territorio comunale sia come depositi glaciali sia come depositi fluvioglaciali, in entrambi i casi contraddistinti da un'alterazione superficiale marcata avente spessore di 6-8 m.

I depositi fluvioglaciali sono costituiti da ghiaie a supporto clastico e di matrice con locali intercalazioni sabbiose. I ciottoli sono poligenici da subangolosi a arrotondati con dimensioni massime di 20-25 cm. La matrice è limoso sabbiosa con frazioni più o meno abbondanti di argilla.

L'alterazione è piuttosto marcata. Colore in genere compreso nella pagina 7.5YR delle tavole *Munsell*, occasionalmente in quella 5YR e in quella 10YR.

In linea generale il 50% dei ciottoli è totalmente alterato, anche riguardo alla frazione di dimensioni maggiori. I carbonati sono sempre totalmente alterati; una parte dei clasti cristallini o metamorfici può essere fragile o indebolito o avere un nucleo più resistente.

Fino al 20% dei ciottoli può essere non alterato o debolmente alterato; in tal caso i ciottoli mantengono la forma (non appaiono sezionati) ma sono totalmente alterati. Possono essere presenti patine di Ferro-Manganese sui ciottoli e nella matrice, localmente molto abbondanti.

I depositi glaciali, costituiti da diamicton a supporto di matrice, possono essere distinti sia in till di fondo sia in till di ablazione. Il till di fondo è costituito da diamicton a supporto di matrice di colore grigiastro con noduli centimetrici di colore bruno (7.5YR) e screziature bruno forte (7.5YR). I ciottoli hanno dimensioni massime da centimetriche a 40 cm, da subarrotondati a subangolosi. A causa della loro compattezza e dell'argilla in essi contenuta l'alterazione del till di fondo è inferiore rispetto ai depositi fluvioglaciali o al till di ablazione della stessa Alloformazione.

L'alterazione è moderata. I clasti carbonatici sono completamente alterati mentre solamente il 30% degli esotici è totalmente alterato; la rimanente frazione è leggermente indebolita o con cortex. I clasti di diametro inferiori a 2 cm sono in genere tutti alterati.

Il till di ablazione è identificato da diamicton a supporto di matrice limoso argillosa, con clasti da subangolosi a subarrotondati, aventi dimensioni massime da centimetriche a 30 cm.

La copertura loessica a *fragipan* sempre presente.

Età: Pleistocene medio

Area di affioramento: i depositi affiorano estesamente in corrispondenza del pianalto di origine glaciale di Contra ed Ossola ed a ridosso della propaggine terminale del cordone morenico in corrispondenza della Strada Provinciale tra Missaglia (capoluogo) e Cascina Desiderata.

SUPER SINTEMA DI VENEGONO (VE) – questa unità è rappresentata da depositi di versante, eluvio-colluviali, fluviali e di conoide dei quali non è possibile distinguere l'appartenenza o l'origine.

I terreni in oggetto affiorano lungo le scarpate principali sulle quali il materiale si è mobilizzato durante le singole fasi glaciali in assenza di copertura vegetale.

In aggiunta affiorano in corrispondenza dei fondovalle delle vallecicole minori, di fatto colmate da depositi di colata e di versante in parte rimobilizzati dalle acque di scorrimento superficiale.

In ambito comunale i depositi di questo allogruppo possono raggiungere anche spessori plurimetrici a causa dell'abbondanza di depositi fini affioranti facilmente mobilizzabili.

I depositi di versante sono costituiti da ghiaie massive a supporto di clasti e di matrice, quest'ultima identificata da limi sabbiosi. Colore delle tavole *Munsell* 10YR, 5YR e 7.5YR.

La litologia dei depositi colluviali è costituita da limi, limi argillosi con sparsi clasti, con colore compreso tra le pagine 5YR e 10YR delle tavole *Munsell*.

I depositi fluviali e di conoide presentano una litologia costituita da ghiaia a supporto clasti con ciottoli con dimensioni massime fino a 30 cm, limi sabbiosi, limi, sabbie, alternanze di ghiaie a diversa granulometria e di ghiaie e limi.

In presenza di loess colluviali la litologia prevalente è ascrivibile a limi debolmente argillosi con clasti poco alterati sparsi.

Il grado di alterazione è variabile in quanto i depositi in senso lato possono contenere ciottoli già parzialmente alterati e rimaneggiati successivamente.

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

Età: Pleistocene inf. e terminale – Pleistocene sup.

Area di affioramento: sui versanti e alla base delle scarpate principali e lungo le vallate dei corsi d'acqua.

SUPERSINTEMA DEL BOZZENTE - il supersistema accorpa depositi di origine glaciale, diamicton a supporto di matrice, di origine fluvioglaciale e fluviale, ovvero ghiaie massive o con rozza stratificazione e intercalazioni sabbiose.

L'alterazione è molto spinta ed interessa tutto lo spessore dell'unità; ad eccezione della frazione quarzosa che risulta inalterata, i ciottoli carbonatici sono decarbonatati o argillificati, le arenarie sono arenizzate, i ciottoli cristallini e metamorfici sono perlopiù completamente disgregati. La frazione cristallina, oltre ad essere arenizzata può mostrare un anello di arrossamento; le rocce ultramafiche hanno un cortex di alterazione arancione molto pronunciato.

Il colore della matrice è arrossato nelle porzioni superiori, meno arrossato scendendo nella successione. Presenza di patine e screziature Ferro e Manganese. La copertura loessica complessa è sempre presente.

SINTEMA DI CASCINA FONTANA (BOF) – i termini appartenenti all'unità in facies glaciale formano l'esteso cordone morenico affiorante a partire dalle aree appena a monte di Missaglia sino a Cascina Pianina, la cui superficie limite superiore è ben conservata. La litologia è data diamicton a supporto di matrice limoso argillosa, con clasti da subangolosi a subarrotondati con dimensioni massime in genere non superiori a 30 cm, poligenici in quanto contengono un'estrema varietà di litologie (carbonati, arenarie, granitoidi, gneiss, micascisti, quarziti, ultramafiti). L'alterazione è marcata poiché interessa più del 90% dei ciottoli.

I depositi fluvioglaciali dell'alloformazione sono invece costituiti da ghiaie a supporto di matrice e a supporto clastico; possono essere presenti intercalazioni sabbiose.

La matrice è in genere limoso argillosa con o senza sabbia. I ciottoli sono da subangolosi a arrotondati con dimensioni estremamente variabili da millimetriche fino a 40 cm (rari).

I depositi glaciali e quelli fluvioglaciali sono caratterizzati da un'alterazione spinta che si spinge in profondità ed interessa praticamente tutte le litologie ad eccezione della quarzite; i clasti carbonatici sono argillificati, gneiss e cristallini arenizzati, talora con cortex più arrossato, i micascisti da arenizzati ad argillificati, la selce talora è fragile, mentre le rocce ultramafiche in genere con cortex (anello di alterazione superficiale) arancione pronunciato.

Il colore della matrice è fortemente arrossato (5YR delle tavole *Munsell* nella porzione superiore con diminuzione con la profondità sino a 10YR). Localmente l'arrossamento può arrivare fino al colore 2.5YR.

Presenza di patine di argilla sui ciottoli e di patine Ferro-Manganese più abbondanti nei livelli superiori.

Età: Pleistocene inf.

Area di affioramento: i depositi appartenenti all'Alloformazione di Cascina Fontana affiorano a partire dalla località Campaccio a Nord, verso una direzione Sud-Est ad interessare la porzione orientale dell'abitato di Missaglia (capoluogo), sino a Pianina-Maresso all'estremità meridionale del territorio comunale. Più ad Est, a ridosso della porzione basale del versante della dorsale di Montevicchia (sinistra idrografica del T. Molgoretta) si apprezzano affioramenti in corrispondenza delle località Oliva, Albareda e della frazione di Lomaniga.

FORMAZIONE DI MISSAGLIOLA (SOA) - questa unità affiora in associazione ai depositi del Ceppo della Molgora, per cui viene rinvenuta in affioramento lungo il corso del T. Molgoretta e del T. Lavandaia, in genere ai piedi delle scapate e nei tratti spondali dove l'erosione ha asportato il materiale più recente.

Lo spessore è variabile ed è stato osservato fino a oltre 3 m; tuttavia, poiché i tratti di scarpata sono ricoperti da materiale eluvio-colluviale e in subordine da detrito di versante, non è possibile stimare compiutamente lo spessore complessivo dei termini in oggetto.

Le ghiaie alterate possono anche costituire il "substrato" impermeabile su cui si imposta il letto dei torrenti sopra detti. La formazione si presenta in due facies, uno con maggior abbondanza di ciottoli carbonatici e arenacei e l'altro caratterizzato dalla prevalenza di clasti ignei e metamorfici.

Dal punto di vista litologico si tratta di ghiaie a supporto di matrice e a supporto clastico, con ciottoli con dimensioni massime da centimetri che sino a 25 cm. Raramente possono essere presenti ciottoli di dimensioni maggiori; nel caso si tratta della facies arenacea e calcarea.

L'alterazione è in genere molto elevata con la quasi totalità dei ciottoli totalmente alterati ad eccezione di vulcaniti e quarziti. I calcari in genere sono totalmente decarbonatati o argillificati, le arenarie arenizzate, i cristallini arenizzati ed i micascisti da arenizzati a argillificati.

La matrice ha colore variabile, compreso nelle pagine 10YR e 7.5YR delle tavole *Munsell*.

Età: Calabriano

Area di affioramento: è stata rinvenuta sulle sponde del T. Molgoretta e del T. Lavandaia. L'area di affioramento più vasta si apprezza in località Barriano sulla scarpata di raccordo tra la provinciale e il T. Molgoretta. Altri affioramenti limitrofi e presenti lungo il T. Lavandaia, vista la loro esiguità areale non risultano cartografabili alla scala dell'elaborato proposto.

CEPPO DELLA MOLGORA (OLG) - con questo termine vengono raggruppati gli affioramenti di conglomerato presenti in ambito comunale, anche se essi sono attribuibili a due facies differenti in

funzione della provenienza paleogeografica, ovvero un litotipo con più abbondanza di ciottoli di arenarie e calcari ed uno più ricco in litologie cristalline, metamorfiche e quarzitiche; tuttavia la loro differenziazione in affioramento è possibile solo attraverso un rilevamento geolitologico di dettaglio, aspetto che esula da questo ambito di indagine.

Il conglomerato con predominanza di arenarie e calcari è costituito da ghiaia a supporto clastico, organizzato in letti a diversa granulometria, con matrice in genere arenacea. I ciottoli appaiono da subangolosi ad arrotondati con dimensioni massime fino a 40 cm (in genere i clasti di dimensioni maggiori sono di arenaria). Si ha presenza subordinata (10-20%) di ciottoli a componente ignea e metamorfica. La cementazione appare da buona a scarsa.

Il conglomerato a predominanza di ciottoli ignei e metamorfici è sempre costituito da ghiaia a supporto clastico, con livelli a diversa granulometria e ciottoli da subangolosi ad arrotondati, ma si differenzia per la dimensione dei ciottoli, compresa tra 3-4 cm e 20 cm e per una percentuale del 50% della frazione di provenienza alpina. Si apprezzano inoltre clasti quarzitici con dimensione massime di 10 cm. Si assiste alla presenza di ciottoli carbonatici disciolti dall'interno. La cementazione è in genere buona.

Tutti i conglomerati sono chiaramente alterati ed erosi, soprattutto laddove il grado di cementazione viene meno. Spesso è visibile in affioramento il contatto diretto con ghiaie totalmente o parzialmente alterate avente spessore plurimetrico, derivanti dall'alterazione del conglomerato stesso, ascrivibili alla citata Formazione di Missagliola.

Il limite superiore dei conglomerati è assai articolato ed irregolare in ragione di implicazioni di carattere erosionale.

Età: Calabriano

Area di affioramento: nel bacino del T. Molgoretta affiora in alveo o alla base delle sponde o dei versanti a partire dal ponte di via della Pianetta/via degli Ulivi, soprattutto in destra idrografica. Nel bacino del T. Lavandaia affiora alla base del versante in destra idrografica a valle del campo sportivo ed è sub-affiorante in buoni tratti dell'alveo in tutto il settore a valle.

SUCCESSIONE SEDIMENTARIA DELLE ALPI MERIDIONALI (SUDALPINO)

FORMAZIONE DI CIBRONE (IBR) - tale denominazione è stata istituita in riferimento ad alcuni affioramenti prima attribuiti al Flysch di Bergamo o indicati come Scaglia Lombarda, dalla quale si distinguono in quanto marne di colorazione da grigio-biancastra a rosata, con una maggior frazione siltosa ed un contenuto nettamente inferiore di carbonato di calcio.

Si tratta pertanto di marne argillose o siltose, con frequenti intercalazioni di strati arenitici pluricentimetrici, ricchi di grani feldspatici freschi, a laminazione pianoparallela e incrociata, con docce d'erosione basali, caratterizzate da una sfaldatura a blocchetti o a saponetta.

Si osservano intercalazioni centimetriche di calcilutiti silicizzate, siltiti e di sostanza organica.

Lungo il T.Molgoretta sono frequenti intercalazioni di areniti grossolane a gradazione inversa di colore verde. Lo spessore stimato varia da 20 a 100 m. L'ambiente di sedimentazione è di piana bacinale.

Età: Luteziano medio-Bartoniano inf. (Eocene)

Area di affioramento: lungo il T. Molgoretta a valle di Cascina Pianetta, sino all'altezza del cimitero di Lomaniga.

FORMAZIONE DI BRENNO (BNN) – Litostratigraficamente si pone alla base della Formazione di Cibrone; si tratta di calcilutiti nocciola in strati sui 10 cm debolmente gradati, con alternanze di peliti marnoso-argillose in giunti o straterelli decimetrici. E' possibile distinguere una parte inferiore della successione di colore grigio costituita da alternanze di calcilutiti/calcisiltiti e peliti argillose sottilmente stratificate e una parte superiore rossastra a peliti marnoso argillose. Sporadiche intercalazioni di *pebbly mudstone* in orizzonti sino a 2 m di spessore. Lo spessore stimato ammonta a circa 200 m. L'ambiente di sedimentazione è pelagico a profondità batiale.

Età: Maastrichtiano (Cretaceo sup.)

Area di affioramento: si tratta di un affioramento limitato all'area di Cascina Pianetta, lungo il fondovalle de T. Molgoretta, intercalato tra la Formazione di Cibrone a tetto ed il Flysch di Bergamo (l.s.) a letto.

FLYSCH DI BERGAMO (FBG) – i termini rocciosi dell'unità sono rappresentati da alternanze di arenarie torbiditiche fini e medie in strati da sottili a spessi, talora organizzati in cicli di ispessimento verso l'alto, associate a strati calcilutitici a base arenitica (marne), a volte microconglomeratiche alla base degli strati più spessi. Sporadiche intercalazioni di intervalli conglomeratici ad assetto caotico (frane sottomarine). Lo spessore complessivo ammonta a circa 700 m.

MEMBRO DI ROGENO (FBG1) – all'interno del complesso del Flysch di Bergamo è possibile individuare una facies costituita da alternanze ritmiche arenaceo-pelitiche con arenarie fini grigio-verdastre in strati fino a 7 cm laminati e peliti marnoso-argillose grigio-nocciola. Sono visibili saltuarie intercalazioni di calcilutiti nocciola in straterelli centimetrici ed orizzonti di paraconglomerati nella parte sommitale

MEGASTRATO DI MISSAGLIA (FBGa) – si tratta di una megatorbidite (*Missaglia Megabed*) iintercalata nella parte medio-bassa del Flysch di Bergamo costituita da un conglomerato basale, passante gradualmente a calcarenite-calcisiltite ed infine calcilutite che costituisce gran parte dello spessore. Alla sua base si ha la locale presenza di paraconglomerato a matrice marnoso argillosa. Lo spessore ammonta a circa 30 m.

Età: Campaniano (Cretaceo sup.)

Area di affioramento: l'unità del Flysch di Bergamo affiora nel suo complesso in corrispondenza del rilievo in località Molinata e della dorsale di Montevecchia.

6.3 Caratteri geologico-strutturali dell'area

I principali lineamenti tettonici sono rappresentati dalla struttura anticlinale di Montevecchia–Lissolo e dalla contigua sinclinale di Missaglia apprezzabile immediatamente a Sud.

Gli assi dell'anticlinale di Montevecchia e della sinclinale di Missaglia sono orientati NordOvest-SudEst, con piano assiale immergente verso Nord-Est.

Le due pieghe sono raccordate lungo un fianco con inclinazione di circa 40°. Lo sviluppo di tale struttura è apprezzabile in Tavola 1 e nello schema tettonico di Figura 6.1, tratto dalla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 097 Vimercate (Progetto CARG).

Nel dettaglio l'area di interesse appartiene ad una placca delimitata a Sud dalla cosiddetta "flessura peripadana".

L'assetto strutturale è identificato nel dettaglio da una serie di faglie e fratture ad ampia scala che coinvolgono i termini del substrato roccioso, ad andamento prevalente Nord-Sud e in subordine Ovest-Est.

In questo contesto sono manifesti fagliamenti vicarianti con direzione NordNordOvest-SudSudEst in corrispondenza delle quali si sono impostati preferenzialmente i corsi d'acqua,

Si tratta di lineazioni in genere a carattere distensivo che hanno in parte dislocato il substrato roccioso calcareo e calcareo marnoso a comportamento rigido/fragile del Flysch di Bergamo e moderatamente plastico della Scaglia Lombarda.

In ambito strettamente locale, si individuano strutture a piega-faglia di valenza minore, risultato delle sollecitazioni tettoniche che si esplicano essenzialmente attraverso un reticolato di fratture la cui persistenza e spaziatura risulta direttamente connessa al comportamento geomeccanico della roccia.

In particolare, in presenza di rocce a comportamento plastico (calcari e calcari marnosi) le stesse risultano più contenute e spesso congiunte a pieghe, mentre in presenza di rocce a comportamento fragile (calcari e calcari silicei) è possibile individuare fratture di maggiori dimensioni e persistenza.

In corrispondenza dell'area di indagine, come indicato dall'analisi della "Carta Morfologica Regionale" (foglio B5 - Brianza) alla scala 1:50.000 e dai sopralluoghi effettuati, sono peraltro assenti strutture tettoniche di rilievo a grande e a piccola scala.

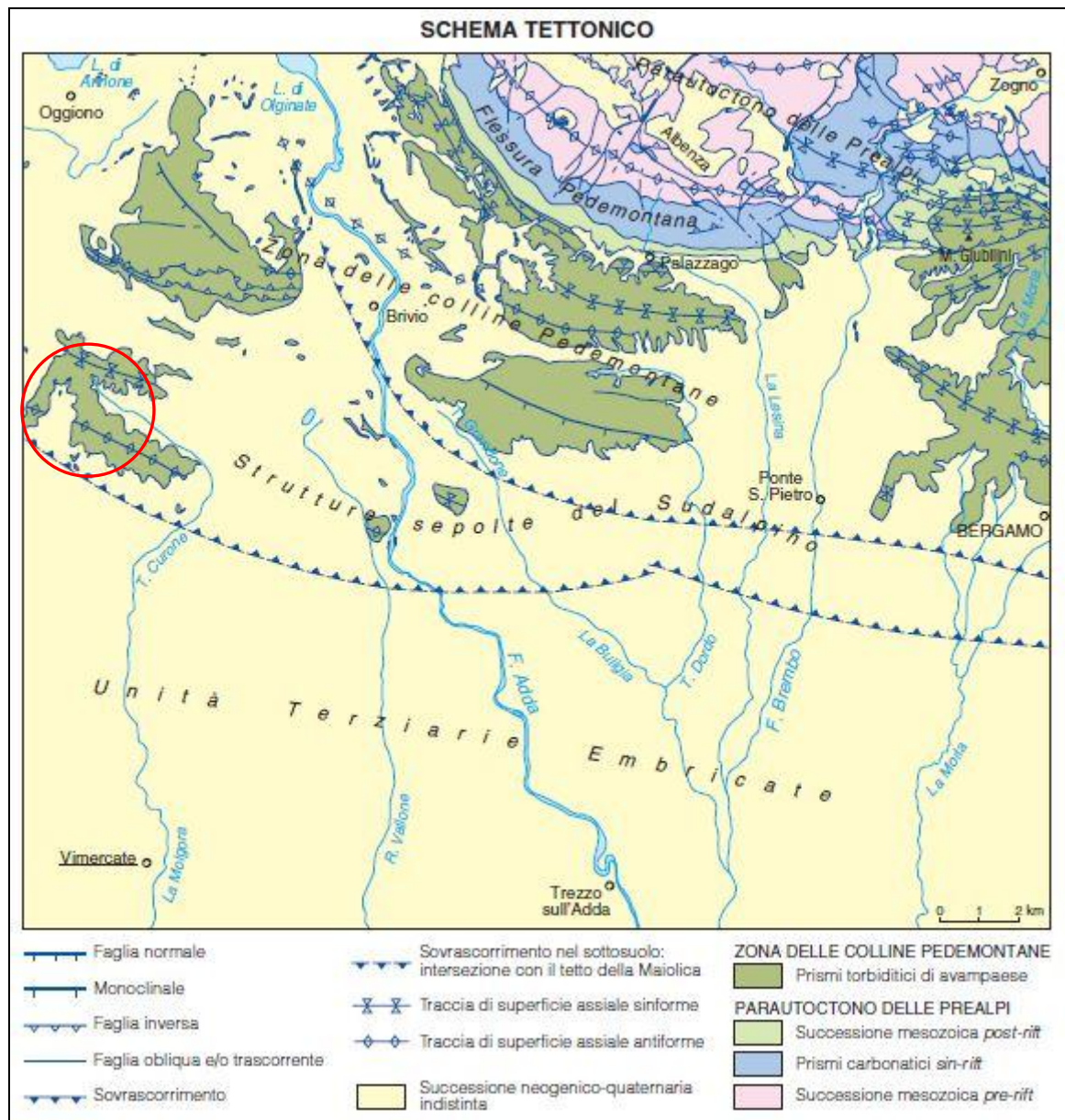


Figura 6.1 – Schema tettonico area di interesse (da Carta Geologica d'Italia - Foglio 097 Vimercate)

7. CARATTERI PEDOLOGICI DEL TERRITORIO COMUNALE

La cartografia pedologica del territorio comunale deriva dai rilievi dell'ERSAL (Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia) ed in particolare dalla pubblicazione "I suoli della Brianza Comasca e Lecchese", 1999.

L'areale di diffusione dei diversi tipi di suolo presenti nel comune di Missaglia illustrati in Tavola 3 (scala 1:5000), coincide con soddisfacente approssimazione con quello delle Unità Cartografiche tradizionali di Tavola 1. Sono stati anche perimetrali gli affioramenti del substrato roccioso (R1) e l'urbanizzato (U) entro cui sono azionate le aree urbanizzate ed il verde urbano.

La cartografia prodotta può costituire un utile riferimento, da integrare con dati chimico-fisici puntuali, per contribuire ad orientare l'uso del suolo e il tipo di colture nelle aree agricole presenti nel territorio comunale di Missaglia.

I principi della classificazione dei suoli adottata ed illustrata nell'elaborato cartografico si basano innanzitutto sull'individuazione delle caratteristiche geologiche del substrato e sull'assetto morfologico del territorio. Ogni tipologia di unità pedologica cartografata è individuata da una sezione Paesaggio (cfr. legenda Tavola 3), definita dall'insieme delle caratteristiche geologiche litologiche del substrato (*Sistema e Sottosistema*) e dai caratteri più propriamente morfologici delle aree di pertinenza dei suoli (*Unità e Sottounità*), e da una sezione Suolo, suddivisa in tre ripartizioni principali, la prima riportante la *Descrizione*, la seconda la *Classificazione* (U.S.D.A. 1994) e la terza le *Interpretazioni*.

Nello specifico la descrizione del suolo comprende l'analisi di fattori quali la geologia del substrato, la tessitura, la saturazione in basi, la presenza e la tipologia dello scheletro, la reazione, il drenaggio, la riserva idrica del suolo (AWC), la Capacità di Scambio Cationico (CSC) e la permeabilità (Tabella 7.1).

Per quanto attiene la *Classificazione* (U.S.D.A., 1992) all'interno dell'area di studio i suoli riscontrati sono organizzati da un punto di vista tassonomico rispettivamente in 4 Ordini, 4 Sottordini e 6 Grandi Gruppi (Tabella 7.2).

Le *Interpretazioni* definiscono invece fattori espressi in classi quali la capacità d'uso del suolo (Tabella 7.3), la capacità protettiva dei suoli nei confronti di acque profonde (Tabella 7.4) e il valore naturalistico, ossia la descrizione delle tipologie pedologiche che hanno peculiarità interessanti dal punto di vista della correlazione suolo-paesaggio, dalla rappresentatività come indicatori di processi pedologici particolari e/o da un interesse scientifico-naturalistico quello più generale.

Sulla base degli studi ERSAL, all'interno dell'areale rappresentato in Tavola 3 sono presenti le seguenti Unità Cartografiche (U.C.):

Unità Cartografica 4 (GVN1) - Fa parte del sistema dei rilievi montuosi delle Alpi e Prealpi lombarde caratterizzati da substrato roccioso e sovente da affioramenti litoidi (*sistema M*) presente a Nord ed Est del territorio comunale (dosso di Molinata e dorsale di Montevicchia). Da un punto di vista morfologico si tratta di versanti con pendenza elevata a bosco di latifoglie (*unità PB1*) su substrato costituito da flysch ad alternanza di marne ed arenarie a cemento calcareo con pendenza prossima a 40%, con erosione moderata. L'uso del suolo è a bosco ceduo di latifoglie termofile e secondariamente a incolti produttivi (*Sottounità PB1.4*). Si tratta di suoli profondi, con scheletro scarso in superficie e frequente in profondità,

tessitura media, reazione acida, saturazione molto bassa in superficie e media in profondità, drenaggio buono. Le limitazioni all'uso dei suoli sono essenzialmente legate alla pendenza topografica. Il valore naturalistico è basso, la capacità protettiva nei confronti delle acque profonde è elevata, la classe di appartenenza relativamente alla capacità d'uso è la VIe (erosione) da moderata a elevata.

Unità Cartografica 8 (GVN3) – Anche questa U.C, fa parte del sistema dei rilievi montuosi delle Alpi e Prealpi (*sistema M*); si individua sul dosso in località Molinata al confine con Viganò), ed a ridosso del versante (dorsale di Montevicchia poco a Nord di Cascina Pianetta). Si tratta di versanti con pendenza da elevata ad estremamente elevata con soprassuolo a bosco di latifoglie mesofile raramente interrotto dall'utilizzo a pascolo per la prevalente esposizione a settentrione (*unità PB2*), su substrato costituito da flysch ad alternanza di marne ed arenarie a cemento calcareo con pendenza elevata (40%), con erosione debole. L'uso del suolo è a bosco ceduo di castagno e robinia (*Sottounità PB2.4*). L'unità rappresenta la fase fisiografica e a tessitura eterogenea dei suoli GVN1 (U.C. 4), identificata da suoli profondi, con scheletro scarso in superficie e frequente in profondità, tessitura media, reazione acida, saturazione molto bassa in superficie e media in profondità, drenaggio buono.

Analogamente le limitazioni all'uso dei suoli sono connesse alla pendenza topografica. Il valore naturalistico è basso, la capacità protettiva nei confronti delle acque profonde è elevata, la classe di appartenenza relativamente alla capacità d'uso è la VIe (erosione) da moderata a elevata.

Unità Cartografica 14 (VON1) - Fa parte del sistema degli anfiteatri morenici dell'alta pianura (*Sistema M*) con particolare riferimento all'affioramento dei depositi morenici antichi ("Mindel e pre Mindel"), costituiti da materiali di origine glaciale e fluvioglaciale molto alterati, con copertura di sedimenti eolici (loess) e/o colluviali (*Sottosistema MA*). L'unità si estende sul cordone di Missagliola-Contra e nell'area di Maresso. La morfologia prevalente è data da cordoni morenici arrotondati contraddistinti da ampie ondulazioni conseguenti all'azione modellatrice erosivo-colluviale a cui sono stati sottoposti. I versanti hanno generalmente pendenze da basse a moderate (*Unità MA1*). Il substrato è costituito da ghiaie in matrice limosa con pendenza moderata del 5-10%. L'uso del suolo è prevalentemente a seminativo avvicendato (mais) (*Sottounità MA1.1*).

I suoli sono profondi con scheletro assente in superficie e scarso in profondità, tessitura media in superficie e moderatamente fine in profondità, reazione subacida, saturazione bassa, drenaggio buono.

Il valore naturalistico è alto, la capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque profonde è elevata. La capacità d'uso rientra in classe IIIe, con limitazioni legate ai fenomeni erosivi.

Unità Cartografica 17 (VED1) – Interessa i suoli posti a ridosso dei terreni morenici antichi in corrispondenza del rilievo collinare di Cascina Tegnoso e Ossola. Analogamente all'U.C.14 fa parte del *Sistema M* e del *Sottosistema MA* in un contesto morfologico identificato da valli, scaricatori e piane a morfologia subpianeggiante o concava, in cui prevalgono depositi fluvioglaciali, localmente sepolti da coperture eoliche o colluviali (*Unità MA3*). Si apprezzano, ad esempio a Maresso, superfici ondulate a substrato ghiaioso molto alterato in matrice argillosa a forte rubefazione. La pendenza del rilievo è bassa (2-3%), con coltivazioni prevalentemente a seminativo (mais) (*Sottounità MA3.1*).

Nelle aree depresse si individuano suoli profondi, con scheletro scarso, tessitura media in superficie e moderatamente fine in profondità, reazione subacida, saturazione bassa in superficie e media in profondità, drenaggio buono. Nelle aree convesse (dossi) prevalgono suoli molto profondi, con scheletro scarso in superficie e moderatamente fine in profondità, reazione subacida in superficie e neutra in profondità, saturazione bassa in superficie e media in profondità, drenaggio buono.

Il valore naturalistico è da alto a moderato, la capacità protettive dei suoli nei confronti delle acque profonde è elevata, mentre la capacità d'uso rientra in una classe IIsc con limitazioni connesse al clima, alla tessitura, alla fertilità, pietrosità e contenuto d'acqua dell'orizzonte superficiale.

Unità Cartografica 26 (PEG1) – Interessa i suoli posti a ridosso dei terreni morenici recenti in corrispondenza dell'area di Molinata e Rengione. Tale caratterizzazione è in parte discrepante con la caratterizzazione geologica proposta con il presente studio che individua terreni appartenenti al morenico Riss Auct..

L'U.C.26 fa parte del *Sistema MR* che accorpa detti depositi morenici recenti dotati di morfologia aspra e costituiti da sedimenti glaciali e subordinatamente fluvioglaciali generalmente poco alterati, con diffusa presenza di pietrosità in superficie e di scheletro nei suoli. Si tratta di un contesto morfologico di cordoni morenici principali e secondari a morfologia netta, con pendenze da basse a molto elevate, costituiti da depositi grossolani poco classati immersi in matrice fine quali sabbie e limi (*Unità MR1*).

In tali pertinenze prevalgono terreni a substrato ghiaioso-limoso con pietrosità comune; la pendenza è moderata o moderatamente elevata (10-20%), con debole erosione, più evidente nelle parti culminali in presenza di substrato calcareo. Le coltivazioni prevalenti sono a prato e a seminativo (mais), spesso con terrazzamenti antropici (*Sottounità MR1.2*).

Si tratta di suoli moderatamente profondi limitati da substrato ghiaioso-sabbioso, con scheletro comune in superficie ed abbondante in profondità, tessitura moderatamente grossolana, reazione neutra in superficie e subalcalina in profondità, saturazione alta, non calcarei in superficie e calcarei in profondità, drenaggio moderatamente rapido.

Il valore naturalistico e la capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque profonde sono bassi, la capacità d'uso rientra in una classe IIIsc con limitazioni connesse al clima, alla tessitura, alla fertilità, pietrosità e contenuto d'acqua dell'orizzonte superficiale.

Unità Cartografica 30 (MTS2) – Presenta strette analogie con quanto indicato per la descritta U.C. 26. Interessa i settori posti immediatamente a Sud dei rilievi di cui all'U.C.26, presso Missaggiola. Anche in tal caso la caratterizzazione pedologica risulta in parte discrepante con l'attribuzione delle unità geologiche tradizionali che individua terreni del morenico Riss Auct.. L'U.C.30 fa parte del *Sistema MR* e dell'*Unità MR2*, ovvero superfici di raccordo tra i rilievi morenici e le piane fluvioglaciali o fluviolacustri, generalmente con pendenze basse o moderate, prevalentemente costituite da depositi colluviali di piede di versante e/o da materiali caratteristici degli ambienti deposizionali con cui fanno da transizione.

Si tratta di un contesto a morfologia identificata da pendenze moderate (5-10%) e modesta pietrosità del terreno, con coltivazioni a prato e a seminativo (*Sottounità MR2.1*).

In tali pertinenze prevalgono suoli molto profondi, con scheletro scarso in superficie e comune in profondità, tessitura moderatamente grossolana, reazione acida in superficie e subacida in profondità, saturazione molto bassa in superficie e media in profondità; il drenaggio è buono.

Il valore naturalistico e la capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque profonde sono bassi, la capacità d'uso rientra in una classe IIIs con limitazioni connesse alla tessitura, alla fertilità, pietrosità e contenuto d'acqua dell'orizzonte superficiale.

Unità Cartografica 45 (PDN1) – Affiora immediatamente ad Est di Pianina e Maresso, sino a raggiungere il limite comunale meridionale del comune e nelle aree limitrofe a Cascina Brughiera.

Fa parte del sistema dei terrazzi subpianeggianti, rilevati rispetto al livello fondamentale della pianura, costituenti antiche superfici risparmiate dall'erosione e comprendenti la maggior parte dei rilievi della isolati della pianura (*Sistema R*); nel caso specifico si riferisce ai terrazzi superiori o "pianalti mindeliani" più rilevati rispetto alle altre superfici terrazzate, costituiti da materiali fluvioglaciali grossolani molto alterati attribuiti al Pleistocene inf. generalmente ricoperti da sedimenti eolici e/o colluviali. Sono diffusi paleosuoli con orizzonti induriti a *fragipan* (*Sottosistema RA*)

Si tratta di un contesto a morfologia identificata da superfici più rappresentative modali e meglio conservate del pianalto, sub-pianeggianti e/o ondulate (*Unità RA2*).

In tali ambiti il substrato è costituito da limi fluvioglaciali sui quali si sviluppano suoli moderatamente profondi limitati da *fragipan*, privi di scheletro, tessitura media, reazione subacida, saturazione bassa e drenaggio mediocre. L'uso del suolo è a seminativo (*Sottounità RA2.3*)

Il valore naturalistico è alto, la capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque profonde è elevata, la capacità d'uso rientra in una classe IIws con limitazioni connesse alla presenza dell'acqua (drenaggio, rischi di inondazione) ed al suolo (tessitura, fertilità, pietrosità e contenuto d'acqua dell'orizzonte superficiale).

Unità Cartografica 51 (PDN2) – Presenta strette analogie con quanto indicato per la descritta U.C.45. Affiora in corrispondenza di ampia parte del bacino del T. Molgoretta da valle Santa Croce sino a Oliva, Albareda e Lomaniga ai piedi del rilievo montuoso, interessando anche parte del capoluogo. Si tratta di porzioni di "pianalto" degradate, a morfologia ondulata o collinosa, solcate da una fitta rete drenante proveniente dai rilievi montuosi o richiamata dalle limitrofe superfici ribassate. La pendenza dei versanti è da moderata ad elevata (*Unità RA3*). La morfologia è data da superfici con pendenze moderatamente elevate (18%), collocate alla base dei rilievi. Presentano il substrato tipico dei terrazzi antichi costituito da sedimenti limosi. L'uso del suolo è il seminativo e subordinato il prato (*Sottounità RA2.3*)

Riguardo ai suoli si tratta della fase fisiografica e di pendenza dei suoli PDN1 dell' U.C.45, situati su pianalti erosi e a pendenza moderatamente elevata. Sono suoli moderatamente profondi limitati da *frangipan*, privi di scheletro, tessitura media, reazione subacida, saturazione bassa, drenaggio mediocre.

Il valore naturalistico è alto, la capacità protettiva nei confronti delle acque profonde è elevata. La Capacità d'uso rientra in una classe IVe con limitazioni connesse a fenomeni di erosione.

Unità Cartografica 67 (VFO1) – Accorpa le pertinenze delle valli alluvionali del T. Molgoretta, del T. Lavandaia e dei tributari principali, corrispondenti alla piana di divagazione dei corsi d'acqua attivi o fossili del reticolo idrografico olocenico (*Sistema V*). Rientrano anche le superfici terrazzate costituite dalle alluvioni antiche o medie, delimitate da scarpate di erosione e variamente rilevate sulla piana alluvionale dell'Olocene antico (*Sottosistema VT*).

Si tratta di superfici variamente inclinate corrispondenti alle scarpate erosive che delimitano i solchi vallivi (terrazzi fluviali e vallecole), sovente modellate dall'intervento antropico. Come anticipato comprendono le vallecole dei corsi d'acqua minori anche a carattere torrentizio, che formano incisioni con fondo a "v" nell'ambito dei rilievi morenici, dei terrazzi antichi in corrispondenza dei dislivelli morfoaltimetrici più consistenti (*Unità VT4*). Nel caso specifico, vengono qui individuate le incisioni dei terrazzi e del morenico antico con superfici a morfologia accidentata in cui si verificano fenomeni erosivi e locali accumuli colluviali. La pendenza varia da moderata (10-15%) a molto elevata (35-60%). Il substrato è limoso e ciottoloso variamente alterato. L'uso del suolo è a bosco ceduo spesso degradato (*Sottounità VT4.2*).

Si tratta di suoli molto profondi con scheletro scarso a volte frequente in profondità, tessitura media, reazione acida, saturazione bassa o secondariamente molto bassa, drenaggio buono.

Il valore naturalistico è basso, la capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque profonde è elevata. La capacità d'uso rientra in classe IIIe, con limitazioni legate a fenomeni erosivi.

Unità Cartografica 70 (FGA1) – Questa unità comprende le piane alluvionali inondabili della Molgoretta e della Lavandaia, con dinamica prevalentemente deposizionale, costituite da sedimenti recenti od attuali dell'Olocene recente ed attuale (*Sistema VA*). Sotto l'aspetto morfologico si tratta di superfici subpianeggianti corrispondenti alle piane alluvionali delle valli più incise, comprese tra i terrazzi antichi e le fasce maggiormente inondabili limitrofe ai corsi d'acqua da cui sono generalmente separate da gradini morfologici. Appartengono ai tratti medio-alti dei fiumi ove dominano patterns intrecciati, rettilinei e sinuosi (*Unità VA8*). Il substrato varia da limoso a ghiaioso, non calcareo, con uso del suolo prevalente a seminativo avvicendato (*Sottounità VA8.1*)

Si è in presenza di suoli profondi con scheletro scarso in superficie comune in profondità (a volte assente), tessitura media, reazione neutra (a volte sub-acida in superficie), saturazione media, drenaggio buono.

Il valore naturalistico è basso, la capacità protettiva nei confronti delle acque profonde è moderata, mentre la capacità d'uso rientra in una classe IIw con limitazioni connesse alla presenza dell'acqua (drenaggio, rischi di inondazione).

Tabella 7.1 – Parametri descrittivi del suolo

Saturazione in basi (% sul complesso di scambio)		Carbonati totali (%)	
Molto bassa	< 35	Non calcarei	< 35
Bassa	35 ÷ 50	Scarsam. calcarei	35 ÷ 50
Media	50 ÷ 75	Moder. calcarei	50 ÷ 75
Alta	> 75	Calcarei	> 75
		Molto calcarei	

Scheletro (% in volume)		Reazione (pH H₂O%)	
Assente	< 1	Molto acida	< 4,5
Scarso	1 ÷ 5	Acida	4,5 ÷ 5,5
Comune	5 ÷ 15	Subacida	5,6 ÷ 6,6
Frequente	15 ÷ 35	Neutra	6,7 ÷ 7,3
Abbondante	35 ÷ 70	Subalcalina	7,4 ÷ 8,2
Molto abbondante	> 70	Alcalina	> 8,2

Drenaggio		AWC (fino a prof. utile mm H₂O%)	
Rapido		Molto bassa	< 50
Moderatamente rapido		Bassa	50 ÷ 100
Buono		Moderata	100 ÷ 150
Mediocre		Alta	150 ÷ 200
Lento		Molto alta	> 200
Molto lento			
Impedito			

CSC (meq/100 g di suolo)		Permeabilità (Conducibilità idraulica - m/s)	
Bassa	< 10	Elevata	> 10 ⁻⁴
Media	10 ÷ 20	Moder. elevata	10 ⁻⁴ ÷ 10 ⁻⁵
Elevata	20 ÷ 30	Moderata	10 ⁻⁵ ÷ 10 ⁻⁶
Molto elevata	> 30	Moder. bassa	10 ⁻⁶ ÷ 10 ⁻⁷
		Bassa	10 ⁻⁶ ÷ 10 ⁻⁸
		Molto bassa	< 10 ⁻⁸

Tabella 7.2 - Classificazione dei suoli secondo la U.S.D.A. (1994)

Ordine	Sottordine	Grande gruppo	U.C.
Ultisols	Udults	Hapludults	26
Mollisols	Udolls	Hapludolls	56
Alfisols	Udalfs	Fragiudalf	1 - 19
		Hapludalfs	24 - 37
Inceptisols	Ochrepts	Eutrochrepts	56 - 63
		Dystrochrepts	36 - 68

Tabella 7.3 – Capacità uso del suolo

Classi LCC	Prof. Utile	Tessitura orizz. sup.	Scheletro orizz. sup.	Pietrosità rocciosità	Fertilità orizz. superficiale	Drenaggio	Rischio inond.	Limitaz. clim.	Pendenza	Erosione	AWC
I	>100	-	<15%	p<0,1% r<2%	pH 5,6÷8,3 TSB>50% CSC>10 meq CaCO ₃ ≤25%	buono	assente	assenti	≤2%	assente	>100 mm
II	61÷100 cm	A+L>70% A≥35%	15÷34%	p 0,1÷3% r<2%	pH 4,5÷5,5 TSB 35÷50% CSC 5÷10 meq CaCO ₃ >25%	moderat. rapido mediocre	lieve	lievi	2,1÷8%	assente	idem
III	25÷60 cm	A≥50% S≥85% L≥60%	35÷70%	idem	pH>8,4 TSB<35% CSC<5 meq CaCO ₃ >25%	rapido lento	moderato	moderat. quota 200÷700 m s.l.m.	8,1÷15%	debole	51÷100 mm
IV	25÷60 cm	idem	35÷70%	p 3÷15% r<2%	idem	molto lento	alto	idem	15,1÷25%	moderata	≤50 mm
V	<25 cm	idem	>70%	p 15÷50% r 2÷25%	idem	impedito	molto alto	idem	≤2%	assente	idem
VI	idem	idem	idem	idem	idem	idem	idem	forti quota 200÷2300 m s.l.m.	25,1÷45%	moderata	idem
VII	idem	idem	idem	p 15÷50% r 25÷50%	idem	idem	idem	molto forti quota >2300 m s.l.m.	45,1÷100%	forte	idem
VIII	idem	idem	idem	p>50% r>50%	idem	idem	idem	idem	>100%	molto forte	idem

Sottoclassi

- e** erosione
- w** acqua (drenaggio, rischi inondazione)
- s** suolo (tessitura, fertilità, pietrosità, scheletro e AWC)
- c** clima

Tabella 7.4 - Capacità protettiva dei suoli nei confronti di acque profonde

Classi di capacità	Permeabilità	Profondità della falda	Classe granulometrica	Modificatori chimici
Elevata E	bassa (classi 4, 5 e 6)	<100 cm	fine fine silty fine loamy coarse silty	pH>5,5 CSC>10 meq/100g
Moderata M	moderata (classe 3)	50÷100 cm con perm. bassa	caorse loamy loamy skeletal ... over sandy ...over sandy sk.	pH 4,5÷5,5 CSC 5÷10 meq/100g
Bassa B	elevata (classi 1 e 2)	<50 cm con perm. bassa <100 cm con perm. Moderata	sandy sandy skeletal	pH<4,5 CSC<5 meq/100g

8. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

8.1 Caratteri idrogeologici generali delle unità geologiche presenti

L'attuale conformazione morfologica del territorio è da imputare all'azione glaciale che, attraverso fenomeni di deposizione ed escavazione profonda delle strutture prequaternarie, ha determinato la deposizione di estese cerchie moreniche; successivamente l'azione delle acque correnti superficiali ha rimodellato il rilievo consentendo l'edificazione di terreni fluviali terrazzati.

Alla serie dei rilievi morenici e dei relativi terrazzi fluviali, e delle piane intermoreniche, si intervallano elevazioni del substrato roccioso prequaternario, talora localizzate.

La morfologia di quest'ultimo, sia affiorante o sepolto, è caratterizzata dalla presenza di strutture di "alto" disposte secondo una direzione OvestNordOvest-EstSudEst, in accordo con la struttura a pieghe del pedemonte brianteo ("flessura peripadana").

I caratteri litologico-strutturali delle unità appartenenti al substrato roccioso determinano una scarsa permeabilità (permeabilità secondaria per fatturazione), per cui esse si possono considerare improduttive ai fini dello sfruttamento delle risorse idriche sotterranee.

L'andamento in profondità del substrato roccioso prequaternario condiziona di conseguenza la circolazione idrica sotterranea che si realizza solo laddove la profondità dello stesso è cospicua e la coltre dei depositi quaternari presenta uno spessore di una certa entità ed è sufficientemente permeabile, ovvero è in grado di immagazzinare volumi idrici quantitativamente significativi.

La suddivisione degli acquiferi proposta considera le risultanze dello studio "*Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia*" (2002, Regione Lombardia in collaborazione con Eni-Divisione Agip) ed il relativo "*Aggiornamento geologico-stratigrafico*" (2005).

Esso individua un modello geologico del sottosuolo della pianura milanese a scala regionale che accorpa quattro Gruppi Acquiferi sovrapposti (A, B, C e D); fatte salve le comuni differenziazioni proprie del settore pedemontano in essere rispetto a quello di riferimento della pianura, si presenta la seguente classificazione:

Gruppo Acquifero A (Olocene, Pleistocene superiore – Pleistocene medio); corrisponde all'unità *ghiaioso-sabbiosa* e costituisce la porzione superiore del cosiddetto acquifero tradizionale (depositi del Würm Auct.);

Gruppo Acquifero B (Pleistocene medio); corrisponde all'unità *sabbioso-ghiaioso* che accorpa la serie dei fluviali Mindel-Riss ed i conglomerati e arenarie basali. Costituisce la porzione inferiore del cosiddetto acquifero tradizionale;

Gruppo Acquifero C (Pleistocene inf. [Siciliano ed Emiliano]); corrisponde alla porzione superiore dell'unità *sabbioso-limoso-argillosa* ovvero le Argille Villafranchiane in facies continentale;

Gruppo Acquifero D (Pleistocene inf. [Santerniano]); corrisponde alla porzione basale dell'unità *sabbioso-limoso-argillosa* ovvero le Argille Villafranchiane in facies marina.

A scala generale nell'area pedemontana la serie sovrastante il substrato roccioso è contraddistinta dall'unità delle Argille del Villafranchiano (o Argille sotto Il "Ceppo") che contengono lenti ghiaioso-sabbiose che possono essere sede di falde confinate, in genere con circolazione idrica limitata.

Al di sopra di questa litozona argillosa, talora assente a seconda della morfologia del tetto del substrato roccioso, che per le scarse caratteristiche di permeabilità costituisce normalmente il sostegno della falda superficiale (freatica), compaiono terreni a maggiore granulometria rappresentati da litotipi conglomeratici, ghiaioso-sabbiosi e ghiaioso-limosi, separati da lenti argilloso-limose perlopiù discontinue.

Tra di essi è d'uso operare una suddivisione tra i litotipi prevalentemente conglomeratici ("Ceppo" Auct.) che compaiono verso la base e la soprastante serie glaciale quaternaria, identificata in ordine temporale dalle unità Mindel, Riss e Würm Auct.. Nell'area in oggetto, i conglomerati tipo "Ceppo" formano generalmente il primo acquifero a falda libera (Gruppo Acquifero B) in quanto la sovrastante serie Mindel-Riss Auct. (l'unità würmiana è assente) risulta generalmente insatura per l'elevata profondità del livello piezometrico.

La serie glaciale quaternaria sovrastante il "Ceppo" (o talora direttamente al substrato impermeabile sia esso rappresentato dal substrato roccioso o da argille villafranchiane) sotto l'aspetto litologico evidenzia marcate variazioni laterali e verticali dei caratteri granulometrici che condizionano il flusso e l'immagazzinamento delle risorse idriche sotterranee.

Gli orizzonti più produttivi sono invece rinvenibili nelle aree di fondovalle colmate da depositi ghiaioso-sabbiosi più permeabili, talora ascrivibili a strutture di "paleoalveo", costituiti prevalentemente dai sedimenti fluviali e alluvionali recenti in senso lato; questi ultimi rappresentano 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 poste più a Sud.

Le strutture di paleoalveo formate dai terreni più recenti contengono una falda libera che è in comunicazione con quella contenuta nel "Ceppo" e pertanto tali unità possono essere accomunate nella definizione di "primo acquifero" o Gruppo Acquifero B).

Come accennato la presenza di alti strutturali del substrato roccioso o argilloso villafranchiano, implica una situazione idrogeologica particolarmente sfavorevole; lo spessore significativo raggiunto in alcuni casi dalla coltre quaternaria non consente in ogni caso uno sfruttamento delle risorse idriche a causa della litologia dei sedimenti morenici caratterizzati da una permeabilità limitata.

L'approvvigionamento idrico dei comuni posti in quest'area risulta di conseguenza difficoltoso e viene in genere effettuato accentrando i pozzi nelle strutture locali più favorevoli quali le strutture di paleoalveo e/o nelle aree di fondovalle, sfruttando l'acquifero a falda libera del "Ceppo" (in parte i depositi fluviali più recenti e superficiali) o negli orizzonti sabbioso-ghiaiosi della sottostante serie delle "Argille sotto il Ceppo" (Gruppo Acquifero C).

L'assetto in essere vede inoltre un progressivo ispessimento della coltre dei depositi quaternari al procedere verso Sud, con conseguente sussistenza di acquiferi di maggiore potenzialità.

In termini di potenzialità idrica, nel settore in esame si hanno valori di trasmissività dell'acquifero superficiale contenuto nel "Ceppo" piuttosto ridotti, in quanto lo spessore saturo è mediamente di 15-20 m tali peculiarità idrogeologiche sono anche connesse all'affioramento di terreni scarsamente permeabili (Riss e Mindel Auct.) che limitano l'infiltrazione delle acque superficiali. Nello specifico si hanno valori di portata specifica (che esprime la portata estraibile per metro di abbassamento) piuttosto bassi, variabili tra 2 e 3 l/s·m, in relazione alla mediocre capacità di rialimentazione e alla cementazione del litotipo; tali caratteristiche determinano la possibilità di sollevare portate di circa 5-10 l/s.

Relativamente agli acquiferi contenuti nell'unità delle "Argille sotto il Ceppo", alla luce della scarsa capacità di rialimentazione, la potenzialità idrica è ancor più bassa di quella del primo acquifero, in quanto le portate specifiche sono anche inferiori a 1 l/s·m.

Particolare attenzione merita la presenza di piccole falde od orizzonti di saturazione che si rinvengono entro i depositi glaciali e fluviali mindeliani e rissiani. Si tratta di "falde sospese", talora a carattere temporaneo, immagazzinate in sottili orizzonti a litologia prevalentemente ghiaiosa presenti in genere a profondità limitata di 2-3 m; esse sono contraddistinte da scarsa continuità laterale e modesto spessore, aspetti che comportano limitata o nulla capacità di sfruttamento. L'alimentazione avviene attraverso l'infiltrazione delle acque superficiali e sono da ritenersi assenti collegamenti con il sottostante acquifero del "Ceppo".

Settori interessati dalla presenza di falde sospese si individuano a Maresso, Campù, Contra e Missagliola. Riguardo al Lago di Tegnoso si sottolinea come esso rappresenti l'emergenza di una falda superficiale conseguente a passate operazioni di scavo che hanno permesso l'intercettazione del livello di saturazione con la superficie topografica (fontanile); nel caso specifico va sottolineata una alimentazione assai costante nel tempo della falda superficiale ivi emergente.

Atteso quanto sopra, è verosimile ammettere che le falde sospese superficiali vengano drenate in corrispondenza delle valli più incise del reticolo idrografico che si impostano preferenzialmente lungo le scarpate di raccordo tra i pianalti di origine morenica e fluviale e la sottostante pianura alluvionale a guisa di risorgive scaturenti alla loro testata; l'entità dell'afflusso idrico è legata all'intensità contestuale degli apporti meteorici.

Un altro aspetto significativo riguarda l'ubiquitaria saturazione della coltre coltre eluvio-colluviale ricoprente il substrato roccioso, che si apprezza in corrispondenza della porzione basale delle culminazioni in località Molinata, aspetto favorito dalla scarsa permeabilità del substrato. Analoga situazione si individua alla base della dorsale di Montevicchia, laddove i depositi eluvio-colluviali posti al raccordo tra settore montano e vallata in sinistra idrografica del T. Molgoretta manifestano una costante circolazione idrica al contatto roccia-deposito superficiale (località valle Santa Croce, via dei Vagoncini Cascina Pianina, etc.), con completa saturazione d'acqua, fenomeni di ristagno e copioso ruscellamento a seguito di precipitazioni particolarmente intense.

In conclusione, occorre effettuare un cenno alla circolazione idrica profonda che interessa le zone di affioramento del substrato roccioso, ovvero il settore Nord del Comune presso Molinata e la vecchia cava di pietra, nonché quello nord-orientale pertinente la dorsale di Montevvecchia.

L'infiltrazione di acque meteoriche in profondità è ridotta per la scarsa permeabilità delle rocce che costituiscono detti rilievi (arenarie e marne), tanto che solo localmente si possono verificare condizioni idonee all'instaurarsi di una circolazione idrica in corrispondenza dei livelli più permeabili o nelle zone interessate da fatturazione e/o fagliamento, senza tuttavia arrivare mai a costituire acquiferi degni di interesse ai fini del loro sfruttamento.

In effetti le circolazioni idriche che avvengono nei depositi superficiali manifestano una forte influenza sulle condizioni di stabilità dei versanti.

8.2 Assetto idrogeologico di dettaglio

Per fornire un quadro di maggiore dettaglio circa le caratteristiche degli acquiferi, sono state redatte n.2 sezioni idrogeologiche (Tavola 4) utilizzando le stratigrafie dei pozzi perforati in ambito comunale ed aree limitrofe.

Sezione Nord-Sud – l'elaborato illustra le caratteristiche del sottosuolo lungo la direttrice Monticello Brianza a Nord e Casatenovo (località Bergamina-Cascina Bracchi) a Sud, passante per i pozzi di Missaglia in località Campù e Maresso (Molino Frattino).

Il profilo della sezione presenta una morfologia varia ed irregolare in quanto attraversa terreni di età differente, variamente erosi dai corsi d'acqua.

La sezione si sviluppa all'incirca lungo la valle del T. Lavandaia laddove affiorano depositi fluviali e alluvionali recenti costituiti da ghiaie e sabbie in matrice limosa, interessando anche settori di pianalto che delimitano la parte di fondovalle costituiti depositi del Mindel Auct. a litologia prevalentemente limoso-argillosa.

L'acquifero principale (primo acquifero) è identificato dalla serie dei conglomerati e delle ghiaie appartenenti all'unità del "Conglomerato del Ceppo Auct." (o in base alla più recente classificazione al Gruppo Acquifero B); a seguito di processi erosivi gli spessori variano da circa 40 m all'altezza della località Campù, a circa 10 m in corrispondenza del T. Lavandaia in zona Maresso.

La base dell'acquifero contenuto nell'unità del "Ceppo" è rappresentata da un substrato a litologia argillosa (Argille sotto il Ceppo) avente sviluppo continuo e andamento regolare, posto a circa 40 m dal p.c. (pozzi Campù n.11 e Molino Frattino n.6), il cui spessore varia, procedendo da Nord a Sud, da pochi metri in corrispondenza dell'alto morfologico del substrato roccioso (cfr. stratigrafia pozzo Campù), sino ad oltre 60 m come si evince dalla stratigrafia dei pozzi in località Maresso (nn.3, 5, 6).

Il pozzo più profondo realizzato in questa porzione della valle (Maresso n.5, proiettato insieme al pozzo n.3 nella sezione idrogeologica elaborata) si spinge sino a circa 100 m dal p.c. ed indica la presenza di sedimenti grossolani sino a circa 10 m, passanti a conglomerati a differente grado di cementazione sino a

28 m circa dal p.c. (primo acquifero), cui seguono terreni costituiti da argille prevalenti, talora inglobanti ciottoli e trovanti sino alla profondità di 100 m, laddove si rinvengono argille con marna. All'interno di tale successione prevalentemente argillosa si rinvengono localmente sottili orizzonti ghiaiosi e conglomeratici di scarsa potenzialità (secondo acquifero o acquifero delle "Argille sotto il Ceppo").

In base ai dati stratigrafico-costruttivi reperiti, il pozzo n.5 di Maresso dovrebbe captare sia l'acquifero più superficiale del Ceppo (tra 8 e 22 m di profondità) sia il sottostante secondo acquifero (tra 46 e 78 m di profondità), sebbene i caratteri litologici dei terreni attraversati dalla perforazione al di sotto della profondità di 28 m escludano quest'ultima evenienza.

Il tratto di sezione che si sviluppa a Sud della località di Maresso è caratterizzato sempre dall'affioramento di terreni fluviali e alluvionali recenti depositatisi lungo la valle del T. Lavandaia, cui seguono depositi attribuiti all'unità conglomeratica del "Ceppo" che però in questa porzione della valle sono caratterizzati da uno spessore mediamente inferiore rispetto a quanto osservato nel tratto più a monte (all'incirca 10-15 m); ne consegue che l'acquifero contenuto nell'unità conglomeratica (primo acquifero) risulta essere in questo settore scarsamente produttivo e talora del tutto esaurito.

Non si esclude tuttavia che, a scala locale, la presenza di livelli di conglomerato più cementati possano sostenere e differenziare una falda ancora più superficiale contenuta entro i depositi ghiaiosi fluvioglaciali e alluvionali recenti, delineandosi in questo modo un sistema multifalda.

Il sottostante "secondo acquifero" (Gruppo Acquifero C e D) è rappresentato da una successione argillosa avente spessore superiore a 90 m, contenente sottili livelli ghiaiosi talora captati dai pozzi (cfr. pozzo n.6 Bergamina). All'interno di tale successione si rinvengono fossili a partire da circa 30 m di profondità, a testimonianza di un ambiente di deposizione marino o di transizione, mentre ad una profondità di circa 150 m dal p.c. parrebbe rinvenirsi il substrato roccioso.

Sezione Ovest-Est – La sezione ricostruisce la struttura idrogeologica a ridosso della porzione centrale del Comune di Missaglia, da Ovest verso Est a partire dai pozzi di Casatenovo siti in località Quattrovalli (Galgiana) sino a raggiungere la frazione di Lomaniga, passando da Contra e Cascina Campù.

In analogia al precedente, il profilo della sezione presenta morfologia irregolare in quanto interseca le vallate principali della R. Nava, T. Lavandaia e T. Molgoretta.

Al di sotto della coltre di terreni morenici e fluviali antichi (Mindel-Riss Auct.) che delimitano le aree di fondovalle, a litologia prevalentemente limoso-argillosa, affioranti a Galgiana, Contra e Cascina Butto, si rinviene la serie dei conglomerati e delle ghiaie appartenenti all'unità del "Conglomerato del Ceppo Auct." (Gruppo Acquifero B), che affiora oppure è sub-affiorante in corrispondenza della piana valliva e degli alvei dei suddetti corsi d'acqua, avente spessore variabile da 30 a 50 m.

La base dell'acquifero del "Ceppo" identificata dalle Argille sotto il Ceppo, manifesta una morfologia abbastanza regolare, interrotta localmente dall'innalzamento del substrato roccioso pre-quaternario che ne determina anche un consistente assottigliamento dello spessore.

L'elaborato indica come i pozzi sfruttino unicamente l'acquifero del Ceppo con l'eccezione del vecchio pozzo comunale di Lomaniga che sfruttava orizzonti fratturati contenuti nel Flysch di Bergamo a circa 50 m di profondità.

8.3 Permeabilità delle unità affioranti

Per una caratterizzazione idrogeologica delle unità affioranti è necessario classificare distintamente i materiali incoerenti (depositi superficiali) da quelli coerenti (substrato roccioso); nel primo caso la permeabilità è dovuta alla presenza di canalicoli e di vuoti intergranulari di origine singenetica (permeabilità primaria), nel secondo caso è dovuta principalmente a fenomeni di dissoluzione chimica quali il carsismo (tipico delle rocce carbonatiche), oppure alla presenza di reticoli di fessure e fratture che si instaurano durante o dopo la messa in posto delle unità rocciose (permeabilità secondaria).

Sulla base dell'interpolazione tra le varie caratteristiche quali la composizione litologica delle varie unità identificate in affioramento (cfr. Tavola 1), la stratificazione generale, l'inclinazione degli strati, il grado di fratturazione, l'acclività e le caratteristiche chimico-fisiche dei terreni di copertura quali, alterazione, granulometria e tessitura, è stato possibile suddividere le medesime in classi di permeabilità, così come illustrato in Tavola 5.

Nell'elaborato è stato anche indicato l'areale pertinente l'urbanizzato, contraddistinto da permeabilità molto bassa.

Si sottolinea come la copertura eluviale affiorante alle quote più elevate non sia stata considerata in quanto, stante il suo esiguo spessore, la valutazione della permeabilità è da riferirsi al substrato sottostante.

Vengono di seguito elencate le unità affioranti in ambito comunale con la rispettiva classe di appartenenza, facendo riferimento al comportamento medio generale (Tabella 8.1).

Tabella 8.1 – Permeabilità delle unità affioranti

DEPOSITI SUPERFICIALI AFFIORANTI	
Permeabilità primaria media	Depositi fluviali e alluvionali recenti, depositi eluvio-colluviali di versante
Permeabilità primaria bassa	Depositi morenici e fluviali antichi (Mindel-Riss)
SUBSTRATO ROCCIOSO	
Permeabilità secondaria ridotta	Flysch di Bergamo, Scaglia Lombarda, Conglomerati tipo Ceppo

8.4 Parametri idrogeologici dell'acquifero

La parametrizzazione idrogeologica dell'acquifero superficiale identificato dai depositi alluvionali e fluviali e dal sottostante complesso conglomeratico del Ceppo Auct. (Gruppo Acquifero B), si deve a specifiche prove di pompaggio effettuate nei pozzi comunali Campù e Maresso (Geoplanet, 2004), a corredo dello studio idrogeologico finalizzato alla regolarizzazione delle captazioni per l'utilizzo a norma di legge.

Le prove di portata a carico costante hanno permesso di calcolare i seguenti valori dei parametri idrogeologici trasmissività T e conducibilità idraulica k (Tabella 8.2)

Fatta salva la possibilità che l'efficienza idraulica delle captazioni possa essere decaduta nel tempo, emergono valori di trasmissività assai difforni a confermare quanto indicato circa i caratteri di eterogeneità litologica, tessiturale e geometrica del livelli di terreno costituenti l'acquifero.

Tabella 8.2 – Parametri idrogeologici dell'acquifero (Gruppo Acquifero B)

	T (m²/s)	k (m/s)
Pozzo Maresso (P2)	$3,02 \cdot 10^{-3}$	$5,40 \cdot 10^{-5}$
Pozzo Campù (P5)	$1,46 \cdot 10^{-5}$	$3,55 \cdot 10^{-5}$

9. ANDAMENTO DEL FLUSSO IDRICO SOTTERRANEO E OSCILLAZIONE DELLA FALDA

L'andamento della superficie piezometrica nell'area di studio, ricostruito sulla base di rilievi effettuati dalla Provincia di Lecco - Piano Cave nell'ambito delle attività di monitoraggio quali-quantitativo intrapreso alcuni anni orsono per l'area di interesse, è illustrato nella Carta idrogeologica di Tavola 5.

La data a cui riferire le misurazioni di livello di tale elaborato non è nota ma alla luce di registrazioni in pozzo effettuate di recente è plausibile che essa sia relativa ad un periodo di basso piezometrico conseguente a condizioni di maggiore sfruttamento della falda rispetto alle attuali e/o a periodi contraddistinti da una ridotta alimentazione.

La ricostruzione proposta si deve ritenere indicativa solo per alcuni settori in ragione della scarsa e disomogenea distribuzione dei punti di misura, nonché per una situazione idrogeologica generalmente sfavorevole allo sfruttamento delle risorse idriche sotterranee (presenza del substrato roccioso a debole profondità o affiorante), con particolare riguardo al settore pertinente il T. Molgoretta e alla località Molinata nel settore Nord del territorio comunale.

In ambito comunale l'andamento piezometrico assume principalmente una direzione NordOvest-SudEst, con un valore di gradiente idraulico medio pari allo 0.5%.

In termini di struttura idrogeologica si può individuare un asse di drenaggio evidenziato da una minima inflessione verso Nord delle isopiezometriche, riscontrabile lungo lo sviluppo del T. Lavandaia, con disassamento verso Est all'altezza di Missaglia capoluogo, probabilmente imputabile alla presenza di un paleoalveo nell'acquifero del Ceppo che incide le sottostanti argille villafranchiane.

Nel contempo si segnala nella parte centro-orientale del Comune uno spartiacque superficiale che separa morfologicamente e idrograficamente il bacino della Molgoretta, identificato dalla dorsale Missaglia-Maresso/Tricodaglio (Comune di Lomagna), verosimilmente con funzione anche di spartiacque idrogeologico.

L'elaborato proposto indica che le quote piezometriche assolute variano da oltre 300 m s.l.m. nel settore Nord a 230 m s.l.m. nel settore Sud, cui corrispondono valori di soggiacenza minimi di 1-2 m in corrispondenza dell'asse della Lavandaia presso Molinata e Missaglia (capoluogo) e massimi di 40 m circa sui pianalti (Missagliola).

Procedendo verso Sud la soggiacenza in corrispondenza della piana valliva aumenta progressivamente da 2-5 a 10 m verso l'estremità meridionale del confine comunale, mentre sui pianalti si possono riscontrare valori analoghi ai precedenti, dell'ordine di circa 40 m. All'altezza del pozzo n.5 di Maresso (P2), attualmente unico pozzo pubblico utilizzato dal Comune di Missaglia per la fornitura idropotabile, la quota piezometrica al tempo ricostruita risulta essere prossima a 254 m s.l.m., cui corrisponderebbe una soggiacenza di circa 6-7 m dal p.c..

La valutazione dell'oscillazione temporale del livello di falda è possibile grazie alle misure registrate con cadenza semestrale nel pozzo Maresso n.5 (P2) relativamente al periodo 2006-2012 e nel pozzo Azienda

Agricola Brivio (P22) per il periodo 2001÷2012, in quanto appartenenti alla rete di monitoraggio quali-quantitativa della Provincia di Lecco (rispettivamente codice pozzo PO0970490U0002 e PO0970490R0101).

Sulla base dei dati di oscillazione registrati nel pozzo Maresso (P2), di cui si riporta in Figura 9.1 il grafico tratto dalla pubblicazione “Stato delle acque sotterranee della Provincia di Lecco - Anno 2012” di ARPA Lecco 2013, si osserva che la soggiacenza della falda nel settore mediano della valle varia stagionalmente ed annualmente tra 1 e 2.5 m. Relativamente a misure pregresse disponibili, all’inizio degli anni 1980 i valori di soggiacenza risultavano essere più elevati (all’incirca 10 m dal p.c., come risulta dalla campagna di febbraio 1983) in ragione di un maggior sfruttamento a scopo idropotabile di questo sistema acquifero. Riguardo al pozzo Azienda Brivio (P22) che si ubica sul terrazzo morfologico di Maresso, si apprezza una soggiacenza della falda variabile tra 20 e 26 m da p.c. nel periodo di riferimento, con oscillazioni stagionali comprese tra 1 e 4 m (Figura 9.2).

Altri dati a disposizione, tuttavia relativi a misure sporadiche sul pozzo di Cascina Campù (P5), sito 1 km a Nord rispetto al pozzo Maresso, indicano una soggiacenza variabile da un minimo di 2.7 m (anno 2010) a 4.3 m (anno 2004).

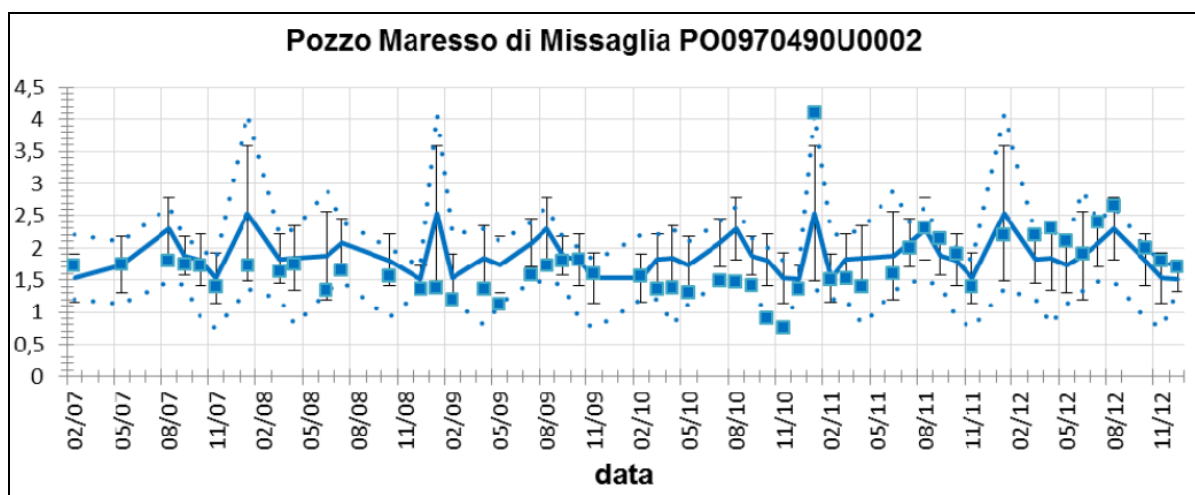


Figura 9.1 - Oscillazione livello piezometrico pozzo n.5 di Maresso (P2) (da ARPA Lombardia)

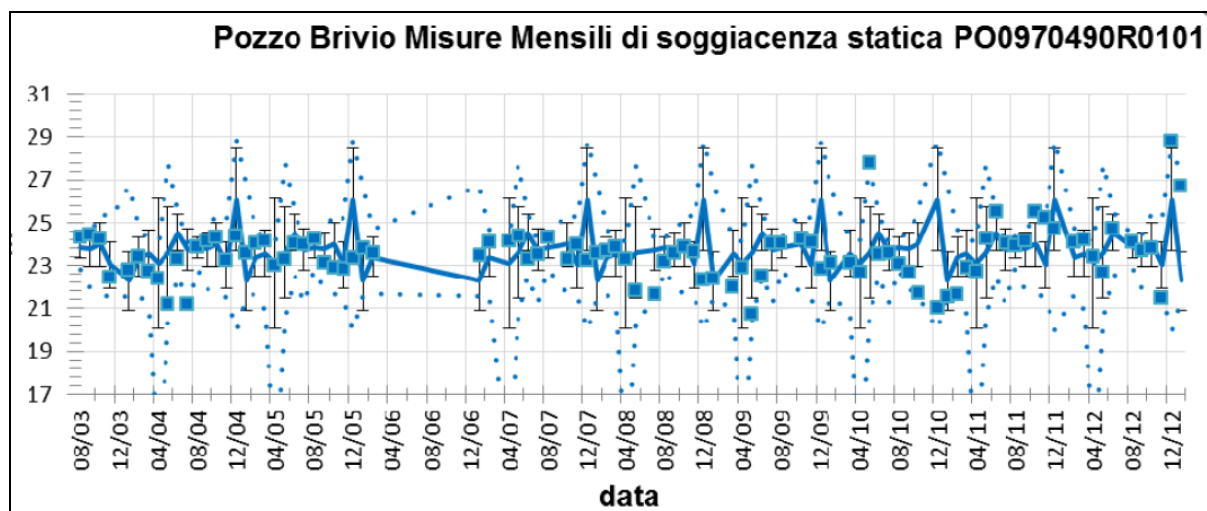


Figura 9.2 - Oscillazione livello piezometrico pozzo Azienda Agricola Brivio (da ARPA Lombardia)

Limitatamente alla porzione del territorio comunale di Missaglia prossima al fondovalle del T. Lavandaia si dispone di misurazioni più recenti del livello della falda, riferite nello specifico a due campagne di monitoraggio condotte da ARPA nei mesi di luglio e dicembre 2014 nell'ambito dello svolgimento dello studio "Interventi per la definizione del plume di contaminazione da solventi clorurati in Comune di Missaglia", finanziato dalla Regione Lombardia con DGR del IX/3510 del 23/05/2010, su un numero più significativo di pozzi sia pubblici che privati oltre che in tre piezometri (PZ1÷PZ3) appositamente realizzati. Nella Tabella 9.1, tratta dalla Relazione conclusiva (ARPA, marzo 2015), vengono sintetizzati i valori di soggiacenza registrati nell'ambito delle due suddette campagne di monitoraggio mentre nelle Figure 9.3 e 9.4 viene riportato uno stralcio degli elaborati proposti nelle Tav. 3A e 3B allegate al succitato studio.

Tabella 9.1 – Campagne piezometriche condotte mesi di luglio e dicembre 2014 nel territorio di Missaglia (da ARPA, Contaminazione da COA - Relazione conclusiva, marzo 2015)

POZZO	ID	Nord (GB)	Est (GB)	H QR mslm	Sogg Luglio	Sogg Dicembre
PZ1	PO0970490U0006	5062314,806	1525532,534	324,033	2.7	2.97
CONDOMINIO MERLINI	PO0970490R0104	5061581	1525741	310	2.62	2.3
BERETTA GIOVANNI	PO0970490R0102	5061411,285	1525559,384	329,458	7.15	6.3
PZ2	PO0970490U0007	5061316,255	1526321,844	293,423	2.2	2.71
PZ3	PO0970490U0008	5060725,282	1526976,295	281,505	2.3	2.15
MARESSO	PO0970490U0002	5059756.0	1527327.2	262.613	18.9	14.29?
F.LLI BRIVIO	PO0970490R0101	5059749.8	1528084.1	273.892	22.8	24.9
GUISSANI	PO0970490R0001	5058664,991	1527654,191	248,37	3.3	2.6
BRIVIO VERONICA	PO0970490R0103	5058979,761	1528088,897	270,18	25.3	23
LUSOCHIMICA	PO097044NR0001	5057613,116	1528586,709	231,05	3.0	2.6
FORNACI	PO0970440U0002	5057056,718	1528366,102	251,624	62.4	56.7

Da esse si osserva come in ambito comunale, lungo tutto il fondovalle del T. Lavandaia, da Nord verso Sud, la soggiacenza della falda varia mediamente tra 2.2 e 3 m dal p.c., se si escludono le letture

effettuate al pozzo acquedottistico di Maresso, che con ogni probabilità risentono delle azioni di emungimento in atto (soggiacenze variabili all'incirca tra 14 e 19 m). Soggiacenze superiori (variabili tra 22-25 m) si registrano invece in corrispondenza dei pozzi F.lli Brivio e Brivio Veronica posti entrambi in corrispondenza del terrazzo morfologico di Maresso che corre ad Est del T. Lavandaia.

L'andamento piezometrico riferito alla campagna di luglio 2014 è stato rielaborato nell'ambito del presente studio e riportato in Tavola 5, alla scala 1:10000; si fa notare come nell'ambito di tale revisione sono stati controllati e modificati alcuni dati in termini di quota piezometrica assoluta in quanto sono state riscontrate alcune imprecisioni oltre che per il fatto di aver dovuto modificare in particolare la quota di riferimento del pozzo Condominio Merlini e il valore della soggiacenza al pozzo acquedottistico di Maresso, ricorrendo ad un valore medio in regime semistatico per la stagione estiva pari a 2.3 m e di 2.5 m per la campagna di dicembre, così come indicherebbero le letture della serie storica del livello statico fornite dal Consorzio Lario Reti ed elaborate da ARPA (cfr. Figura 9.1 e Tabella 9.2).

In termini di quote assolute si osservano lungo il fondovalle del T. Lavandaia valori compresi all'incirca tra 320 m s.l.m. nel settore nord-occidentale del comune di Missaglia e valori di circa 230-220 m s.l.m. al confine meridionale con il Comune di Lomagna, prima della confluenza con il T. Molgoretta.

Tabella 9.2 – Misure di soggiacenza e quota piezometrica assoluta: dati piezometrici rielaborati a partire dai dati di soggiacenza forniti da ARPA (cfr. Relazione conclusiva, marzo 2015)

Punto misura	quota rif. (m s.l.m.)	Soggiacenza luglio 2014 (m)	Soggiacenza dicembre 2014 (m)	Piezometria luglio 2014 (m s.l.m.)	Piezometria dicembre 2014 (m s.l.m.)
Pz1	324,033	2,70	2,97	321,333	321,063
P. Cond. Merlini	310° - 306,2	2,62	2,3	303,580	303,900
P. Beretta G.	329,458	7,15	6,3	322,308	323,158
Pz2	293,423	2,20	2,71	291,223	290,713
Pz3	281,505	2,30	2,15	279,205	279,355
P. Maresso	262,613	18,9* - 2.3	14,29* - 2.5	260,313	260,113
P. F.lli Brivio	273,892	22,80	24,9	251,092	248,992
P. Giussani	248,37	3,30	2,6	245,070	245,770
P. Brivio V.	270,18	25,30	23	244,880	247,180
P. Lusochimica	231,05	3,00	2,6	228,050	228,450
P. Fornaci	251,624	62,40	56,7	189,224	194,924

(*) misure in regime dinamico o semidinamico non utilizzate in fase di elaborazione dei dati

(°) quota assoluta piano di riferimento tratta dalla cartografia CTR

Figura 9.3 – Carta piezometrica e delle concentrazioni di Tetracloroetilene (PCE) al luglio 2014 (tratta dalla Tav.3A allegata alla Relazione conclusiva, ARPA, marzo 2015)

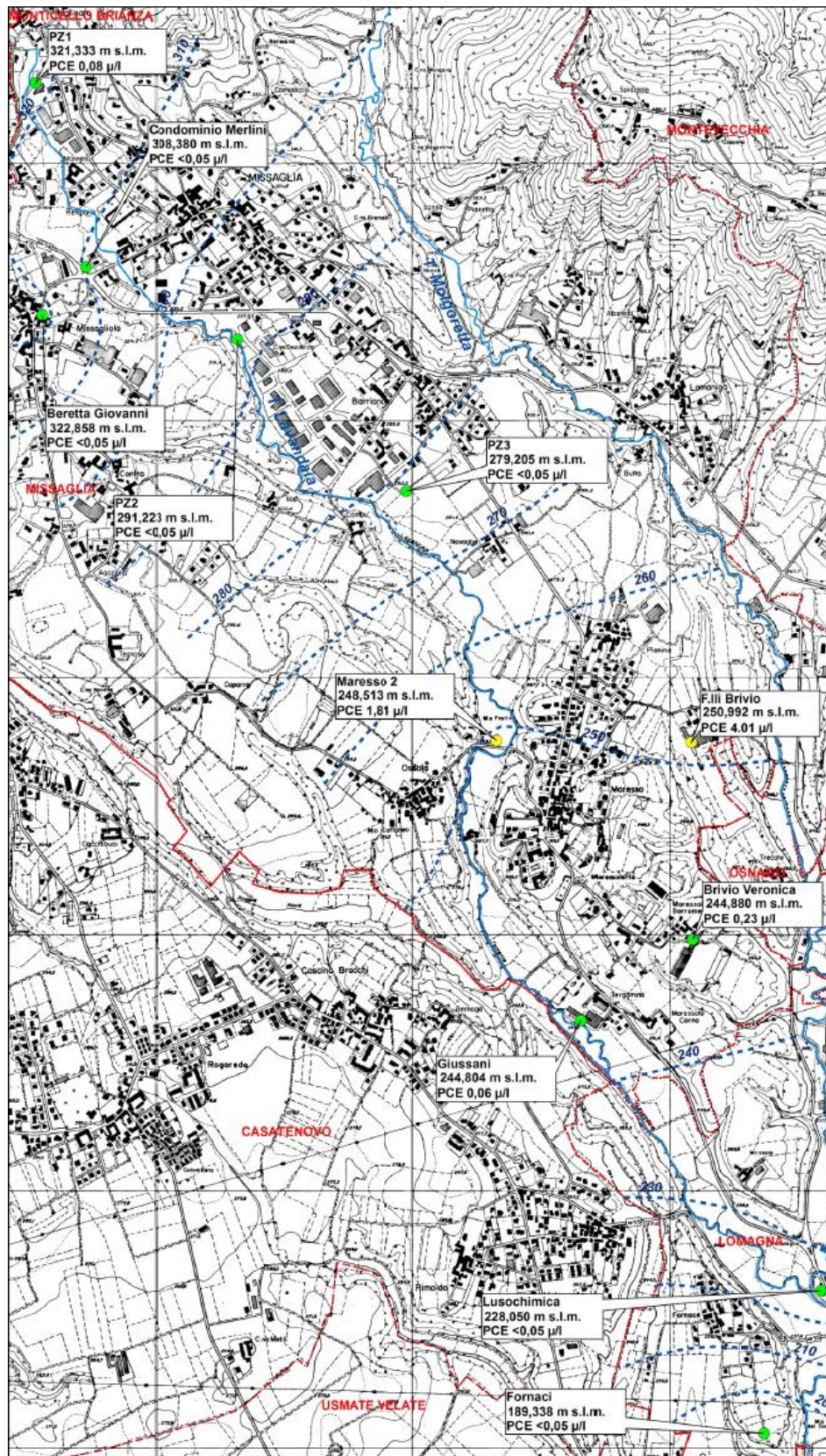
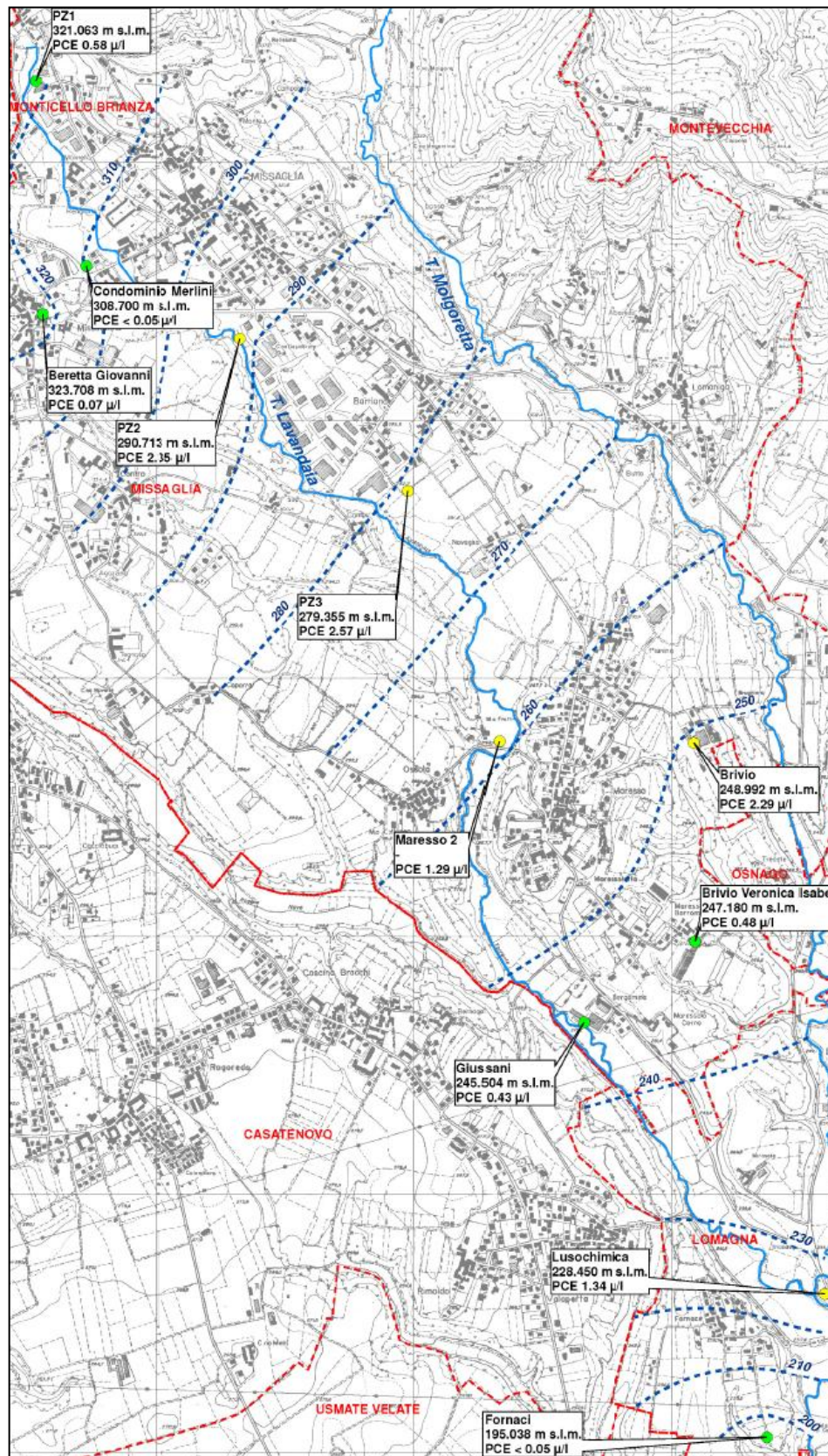


Figura 9.4 – Carta piezometrica e delle concentrazioni di Tetracloroetilene (PCE) al dicembre 2014 (tratta dalla Tav.3B allegata alla Relazione conclusiva, ARPA, marzo 2015)



10. STATO QUALITATIVO DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Informazioni circa lo stato qualitativo delle acque sotterranee in ambito comunale possono essere desunte dall'analisi dei dati semestrali della rete di monitoraggio regionale pubblicati dall'ARPA (sezione Lecco), che per il territorio comunale di Missaglia dispone di n. 3 punti di controllo in corrispondenza delle seguenti opere di captazione:

- pozzo pubblico potabile attualmente in esercizio Maresso n. 5 (P2 in Tav. 5): codice rete Arpa PO0970490U0002;
- pozzo privato ad uso zootecnico Ditta Brivio (P22 in Tav.5): codice rete Arpa PO0970490R0101;
- pozzo privato industriale tessitura F.Ili Giussani (P 13 in Tav.5) : codice rete Arpa PO0970490R0001.

Di questi tre pozzi solo il pozzo pubblico Maresso n.5 e il pozzo privato della Ditta Brivio vengono monitorati anche da un punto di vista quantitativo (cfr. Capitolo 9).

Questi tre pozzi della rete di controllo regionale sono tutti localizzati lungo la paleovalle del T. Lavandaia, a partire dalla località Molino Frattino a Maresso (pozzo pubblico P2) sino alla località Cascina Bergamina, (pozzo privato Giussani P13), posta a valle del pozzo acuedottistico ad una distanza di oltre 1 km; il pozzo della Ditta Brivio si trova invece anch'esso in località Maresso ma in corrispondenza del terrazzo morfologico, ad una distanza dal pozzo pubblico verso Est di circa 1 km.

In linea generale la falda libera - contenuta nel sistema acquifero identificato dai depositi fluviali e alluvionali recenti nonché nei sottostanti depositi a conglomerati e ghiaie attribuiti al Ceppo Auct. - è contraddistinta da un grado di vulnerabilità medio-elevato nei confronti di potenziali inquinanti provenienti dalla superficie in ragione: dell'assenza di livelli superficiali significativi aventi ridotta permeabilità, di valori di conducibilità idraulica medio-alta dei sedimenti che costituiscono l'acquifero principale e della ridotta soggiacenza della falda in corrispondenza dell'asse vallivo.

Nella porzione di territorio comunale monitorata dai suddetti punti di controllo regionale insistono attività zootecniche ed agricole che prevedono spandimento di concimi e reflui nonché diverse attività artigianali ed industriali che rappresentano potenziali centri di pericolo come indicherebbe la diffusa e storica contaminazione delle acque sotterranee da parte di composti organo-alogenati ad esse correlabili.

A tale proposito si ricorda come già a partire dagli anni '80 - '90 nei pozzi pubblici di Missaglia, oggi attualmente dismessi (cfr. pozzi P7, P4 e P5 in Tav.5), venivano riscontrate concentrazioni di composti organo-alogenati (in particolare Tetracloroetilene) anche dell'ordine di 20-30 µg/l, nonché la presenza di Nitrati in concentrazioni talora anche superiori ai 50 mg/l.

A partire dal 2001 anche il pozzo privato della Ditta Brivio, appartenente alla rete di controllo regionale, in diverse campagne di controllo ha iniziato a presentare concentrazioni significative di Tetracloroetilene che negli ultimi anni si sono attestate su tenori compresi mediamente tra 2 e 4 µg/l. Solo a partire dal 2005 il pozzo privato della tessitura Giussani in località Cascina Bergamina - laddove le concentrazioni di

Tetracloroetilene erano da sempre state rinvenute in tracce - è stato inserito in un piano di monitoraggio più esteso che comprende altri composti, tra cui i solventi clorurati, oltre ai Nitrati per il quale era stato attivato, dal momento che anche al pozzo pubblico Maresso n. 5 (P2) posto più a monte idrogeologicamente, erano state rinvenute concentrazioni significative di Tetracloroetilene.

A partire da quegli anni la falda superficiale veicolata nell'acquifero che si sviluppa lungo la valle del T. Lavandaia, risulta essere pertanto contraddistinta da un punto di vista qualitativo, ai sensi del D.Lgs 30/2009, da uno Stato Chimico generalmente "NON BUONO" per la presenza di contaminazioni dovute a Tetracloroetilene, Bromo-dicloro-metano e talora Nitrati.

A partire dal 2012 e in particolare negli anni 2013 e 2014 in questi stessi punti di controllo regionale sono state individuate anche nuove criticità dovute alla presenza di altri composti quali: Triclorometano, Nichel, Cromo esavalente, Antimonio e pesticidi (Metolachlor).

In ragione anche di questa evoluzione negativa del trend qualitativo delle acque sotterranee (sebbene altalenante nelle concentrazioni), sono stati condotti da parte di ARPA degli ulteriori approfondimenti su un'area più ampia e dettagliata del settore comunale di Missaglia nell'ambito del cosiddetto progetto "Interventi per la definizione del plume di contaminazione da solventi clorurati in Comune di Missaglia", finanziato dalla Regione Lombardia con DGR del IX/3510 del 23/05/2010, che ha visto il monitoraggio qualitativo di un maggiore numero di punti d'acqua di cui alcuni già esistenti sul territorio comunale di Missaglia ed altri di nuova realizzazione. Tra quelli esistenti sono stati analizzati in una prima fase dello studio (luglio 2010) alcuni pozzi pubblici attualmente in disuso quali: pozzo Merlini - cimitero (P7 in Tav.5 – codice rete ARPA PO0970490U0003) e pozzo Cascina Campù (P5 in Tav. 5 - codice rete Arpa PO0970490U0001) mentre nell'ambito delle ultime campagne condotte nel corso del 2014 (mesi di luglio e dicembre) sono stati monitorati alcuni pozzi privati tra cui: il pozzo Condominio Merlini e il pozzo Beretta Giovanni (entrambi riportati in Tavola 5). Tra i punti di nuova realizzazione sono stati perforati nel giugno 2014 i seguenti tre piezometri di monitoraggio: PZ1 ubicato nel parcheggio comunale all'incrocio tra Via Giovanni XXIII e Via Palestro, PZ2 all'interno dell'area ecologica comunale in Via I Maggio e PZ3, ubicato in Via Agnesi, in un settore posto subito a valle idrogeologico del comparto industriale in località Barriano, riportati anch'essi sempre in Tavola 5.

I risultati analitici più completi per il settore in esame sono pertanto quelli riferiti alle due campagne di controllo effettuate da ARPA rispettivamente nei mesi di luglio e dicembre 2014, i cui risultati vengono proposti sinteticamente nella Tabella 10.1 di seguito riportata, tratta dalla "Relazione conclusiva" del Progetto Plume di ARPA del marzo 2015. In questa tabella oltre ai dati riferiti alle due campagne di cui sopra sono stati riportati anche i risultati delle campagne semestrali di maggio e novembre 2014 riferite ai soli pozzi della rete di controllo regionale.

Analizzando questa tabella si osserva come la situazione idrochimica delle acque sotterranee ricostruita da ARPA nel mese di dicembre 2014 ed ottenuta, a differenza di quella di luglio, effettuando il campionamento quasi a fondo foro (e quindi con modalità più idonea allo scopo di individuare contaminanti "pesanti") permette di individuare come il principale contaminante diffuso in questo settore di

fondovalle del T. Lavandaia sia sempre il Tetracloroetilene che raggiunge concentrazioni al di sopra del limite di riferimento ai pozzi Brivio, Maresso n.5, Lusochimica e, più a monte, ai nuovi piezometri PZ2 e PZ3, laddove si registrano anche i tenori più elevati (rispettivamente pari a 2.35 e 2.57 µg/l); all'interno della zona di contaminazione da Tetracloroetilene risulta inoltre essere presente anche una zona meno estesa interessata da Triclorometano (cfr. piezometri PZ2 e PZ3) con concentrazioni sopra i limiti, sebbene con tenori nettamente inferiori (rispettivamente pari a circa 0.27 e 0.15 µg/l) rispetto a quelli osservati al pozzo posto più a valle Fornaci di Lomagna (3.37 µg/l)

Tabella 10.1 – Concentrazioni di solventi clorurati nei punti di controllo monitorati sul territorio di Missaglia (da ARPA, marzo 2015 – caselle in bianco: concentrazioni inferiori ai limiti di rilevabilità strumentale)

POZZO	PARAMETRO	152/06 MAGGIO	PLUME LUGLIO	152/06 NOV.	PLUME DIC.
MISSAGLIA PZ1	TETRACLOROETILENE	N.C.	0,08	N.C.	0.58
MISSAGLIA PZ2	TRICLOROMETANO	N.C.		N.C.	0.27
	TETRACLOROETILENE	N.C.		N.C.	2.35
MISSAGLIA PZ3	DICLOROETILENE CIS	N.C.		N.C.	0.08
	TRICLOROMETANO	N.C.		N.C.	0.15
	TETRACLOROETILENE	N.C.		N.C.	2.57
MARESSO 2	TETRACLOROETILENE	1.64	1.81	1.29	1.29
	TRICLOROETILENE	0.13	0.18	0.1	0.13
F.LLI BRIVIO	TETRACLOROETILENE	4.01	4.01	3.52	2.29
	TRICLOROETILENE	0.26	0.26	0.32	0.26
BRIVIO VERONICA	TETRACLOROETILENE	N.C.	0.23	N.C.	0.48
	TRICLOROETILENE	N.C.	0.08	N.C.	
	BROMODICLOROMETANO	N.C.		N.C.	0.16
	DIBROMOCOLOROMETANO	N.C.		N.C.	0.42
	TRIBROMOMETANO	N.C.		N.C.	0.38
GIUSSANI	TETRACLOROETILENE	0.25	0.06	0.72	0.43
FORNACI	TRICLOROMETANO	3.29	3.29	3.15	3.37
	TETRACLORURO		n.d.	0.8	n.d.
	CARBONIO				
BERETTA	TETRACLOROETILENE	N.C.		N.C.	0.07
RES. MERLINI	TRICLOROETILENE	N.C.		N.C.	0.05
LUSOCHIMICA	TETRACLOROETILENE	N.C.		N.C.	1.34

Note: caselle in bianco: concentrazioni inferiori ai limiti di rilevabilità strumentale, campagna luglio: campionamento in superficie, campagna dicembre: campionamento sul fondo (ad esclusione di PZ1)

Si fa infine osservare come i risultati analitici delle campagne idrochimiche più recenti a disposizione e condotte nei mesi di maggio e ottobre 2015, sembrerebbero indicare una netta diminuzione delle concentrazioni precedentemente rilevate, con il persistere di problematiche in eccedenza ai limiti normativi

presi a riferimento solo riguardo al composto Tetracloroetilene. I tenori rilevati in concentrazioni molto elevate nell'ambito della campagna del novembre 2014 in Nichel (tra 111 e 135 µg/l), Cromo VI (19.8 - 20.5 µg/l) e Antimonio (10 µg/l al solo pozzo della Tessitura Giussani) sono difatti rientrati tutti, assumendo valori molto inferiori ai limiti presi a riferimento, già a partire dalla campagna di maggio 2015.

Si ricorda tuttavia come la presenza di Nichel nelle acque sotterranee risulti essere da tempo molto altalenante, con valori ad esempio al pozzo Maresso n.5 - P2 di 150 µg/l nel 2012, 12 µg/l nel gennaio 2013 e 111 µg/l nel novembre 2014 e <5 µg/l nel 2015. Analogamente al pozzo della Ditta Brivio (P22) le concentrazioni sono passate da valori di 31.4 µg/l nel 2012 a valori <5 µg/l nel gennaio 2013, a valori di 117 µg/l nel mese di novembre 2014 per poi ritornare a valori <5 µg/l nel 2015. Nel pozzo più a valle della tessitura Giussani il Nichel è stato rinvenuto solo in occasione della campagna del novembre 2014 con valori di 135 µg/l, per poi ritornare a valori <5 µg/l nel 2015.

In base alle analisi più recenti a disposizione (maggio e ottobre 2015) i tenori rilevati in Tetracloroetilene sembrerebbero risultare stabili o in diminuzione rispetto agli anni precedenti, con valori massimi di circa 3 µg/l al pozzo della Ditta Brivio, di circa 1.86 µg/l al pozzo pubblico di Maresso e di circa 0.16 µg/l al pozzo della Tessitura Giussani posto più a valle in senso idrogeologico.

Per quanto riguarda i Nitrati si osservano invece valori di circa 25 mg/l al pozzo pubblico P2, di circa 31 mg/l al pozzo della Ditta Brivio e valori variabili all'incirca tra 41 e 29 mg/l al pozzo della Tessitura Giussani (rispettivamente nelle campagne di maggio e ottobre 2015); ciò in linea con quanto riscontrato anche negli anni precedenti, in particolare a partire dal 2009.

Per una valutazione d'insieme dell'evoluzione nel tempo dello stato chimico delle acque sotterranee della porzione di acquifero superficiale che si sviluppa entro il territorio comunale di Missaglia lungo la paleovalle del T. Lavandaia si riportano in estrema sintesi in Tabella 10.2 i risultati della classificazione dello stato chimico delle acque sotterranee ai sensi del D.Lgs 30/2009, rilevate negli anni 2011÷2015 nei tre piezometri di controllo della rete Arpa.

Infine, con riferimento allo stato qualitativo delle acque captate dall'unico pozzo pubblico ancora in esercizio di Maresso n. 5 (P2), si riporta in Allegato 6 (scheda censimento pozzi) la determinazione analitica più recente e completa a disposizione riferita alla campagna di controllo eseguita in data 20 gennaio 2016 dall'ente gestore Lario Reti Holding S.p.A..

Tali analisi indicano come la qualità delle acque sollevate dal pozzo sia conforme ai limiti previsti dalla normativa di riferimento D.Lgs. 31/2001; nello specifico, per quanto riguarda i composti che negli anni precedenti avevano determinato per questo punto di monitoraggio una classificazione dello stato chimico "Non Buono" si osservano valori sempre inferiori ai limiti di rilevabilità utilizzati, per quanto riguarda il Tetracloroetilene (<1 µg/l), il Cromo totale (<5 µg/l), il Nichel (<5 µg/l) e gli antiparassitari totali (<0.02 µg/l), mentre i Nitrati si attestano su valori di 23.2 mg/l.

Tabella 10.2 – Stato Chimico delle Acque Sotterranee ai sensi della D.Lgs 30/2009 (dati fonte Arpa)

		CODICE RETE ARPA	STATO CHIMICO	CAUSE STATO CHIMICO NON BUONO
ANNO 2011				
LC	MISSAGLIA	PO0970490R0001	BUONO	
LC	MISSAGLIA	PO0970490R0101	NON BUONO	Tetracloroetilene
LC	MISSAGLIA	PO0970490U0002	BUONO	
ANNO 2012				
LC	MISSAGLIA	PO0970490R0001	BUONO	
LC	MISSAGLIA	PO0970490R0101	NON BUONO	Nichel Tetracloroetilene
LC	MISSAGLIA	PO0970490U0002	NON BUONO	Nichel Triclorometano Tetracloroetilene Bromo-dicloro-metano Dibromo-cloro-metano
ANNO 2013				
LC	MISSAGLIA	PO0970490R0001	BUONO	
LC	MISSAGLIA	PO0970490R0101	NON BUONO	Tetracloroetilene
LC	MISSAGLIA	PO0970490U0002	NON BUONO	Tetracloroetilene
ANNO 2014				
LC	MISSAGLIA	PO0970490R0001	NON BUONO	Antimonio Cromo VI Nichel
LC	MISSAGLIA	PO0970490R0101	NON BUONO	Cromo VI Nichel Tetracloroetilene
LC	MISSAGLIA	PO0970490U0002	NON BUONO	Cromo VI Metolachlor Nichel Tetracloroetilene
ANNO 2015				
LC	MISSAGLIA	PO0970490R0001	BUONO	
LC	MISSAGLIA	PO0970490R0101	NON BUONO	Tetracloroetilene
LC	MISSAGLIA	PO0970490U0002	NON BUONO	Tetracloroetilene

11. APPROVVIGIONAMENTO IDRICO POTABILE E AREE DI SALVAGUARDIA DEI POZZI PER ACQUA DESTINATI AL CONSUMO UMANO

Come in precedenza illustrato, allo stato attuale il progressivo depauperamento quantitativo e qualitativo della risorsa idrica sotterranea in ambito comunale ha portato alla dismissione della maggior parte delle opere di captazione pubbliche, ad esclusione del pozzo n.5 di Maresso (P2 in Tavola 5 “Idrogeologia” - codice rete ARPA PO0970490U0002), situato in località Molino Frattino, in fregio al T. Lavandaia.

Come sintetizzato nella Tabella 11.1 di seguito riportata si osserva che dei n.10 pozzi perforati nel corso degli anni (tra il 1931 e il 1965) sul territorio comunale di Missaglia a scopo idropotabile (cfr. dati catasto pozzi) solo il pozzo n. 5 di Maresso è ancora in uso e fa parte anche della rete di monitoraggio quali-quantitativa della Regione Lombardia mentre gli altri o sono stati semplicemente dismessi o hanno fatto parte di una rete di monitoraggio ARPA predisposta nell’ambito del progetto regionale denominato “Plume di Missaglia”.

Tabella 11.1 – Elenco pozzi pubblici perforati nel territorio comunale di Missaglia

CODICE CATASTO POZZI	CODICE POZZI IN TAVOLA 5	UBICAZIONE	USO	CODICE RETE MONITORAGGIO ARPA LECCO	TIPOLOGIA RETE ARPA	DATA POZZO	STRATIGRAFIA
1	P7	cimitero Merlini	pubblico-inattivo	PO0970490U0003	progetto plume Missaglia	1931	si
3	P1	Maresso -Molino Frattino 1	pubblico-inattivo	PO0970490U0004	progetto plume Missaglia	1932	si
4	P4	Tiro a segno Seleccio	pubblico-inattivo			1932	si
5	P2	Maresso n.5 Molino Frattino 2	pubblico ATTIVO	PO0970490U0002	rete monitoraggio regionale	1958	si
6	P3	Maresso Molino Frattino 3	pubblico-inattivo	PO0970490U0005	progetto plume Missaglia	1965	si
11	P5	Campù	pubblico-inattivo	PO0970490U0001	progetto plume Missaglia	1965	si
2		loc. Lomaniga	pubblico-inattivo			1931	si
7		Via provinciale loc. Lomaniga	pubblico-inattivo			1964	si
8		loc. Lomaniga	pubblico-inattivo			1964	si
9		loc. Maresso - Molino Frattino	pubblico-inattivo			1965	si

Ne consegue pertanto che l’approvvigionamento idrico comunale viene attualmente soddisfatto per la quasi interezza dall’allacciamento con l’Acquedotto Brianteo che preleva le acque dal Lago di Como – ramo di Lecco e solo in minima parte dallo sfruttamento del pozzo n.5 di Maresso.

Tale pozzo è profondo 100 m con filtri tra 8 e 22 m e tra 46 e 78 m; viene pertanto captato un acquifero superficiale con il primo filtro ed un acquifero profondo a carattere verosimilmente semiconfinato con la seconda tratta filtrante, pur con le dovute riserve in base a quanto già in precedenza riportato.

In ogni caso l’elevata permeabilità dei terreni più superficiali e la ridotta soggiacenza della falda determinano condizioni di elevata vulnerabilità dell’acquifero, tant’è che le acque emunte sono monitorate dagli Enti di controllo preposti poiché soggette a compromissione qualitativa, aspetto da tempo noto per il settore di indagine.

Nella necessità di difendere dall’inquinamento le acque sotterranee in prossimità delle opere di captazione, la normativa stabilisce delle “aree di salvaguardia” nelle quali sono applicati vincoli d’uso del

territorio concepiti con la finalità di garantire l'approvvigionamento idrico potabile compatibilmente con gli standard sanitari vigenti.

L'introduzione delle "aree di salvaguardia" delle captazioni ha lo scopo di determinare estensione e vincoli d'uso del territorio, nonché individuare i controlli delle attività sullo stesso al fine di garantire la possibilità dell'approvvigionamento idrico potabile nel tempo.

La difesa dagli inquinamenti soprattutto in aree urbanizzate viene essenzialmente condotta attraverso un accurato controllo della qualità delle acque sotterranee e degli insediamenti pericolosi (possibili fonti di contaminazione) per permettere di conservare una soddisfacente qualità della risorsa idrica sotterranea.

La definizione delle zone di salvaguardia dei pozzi per uso umano viene stabilita dal D.Lgs. n.152 del 3 Aprile 2006; il provvedimento demanda anche alle Regioni le norme per mantenere e migliorare le caratteristiche qualitative delle acque sotterranee da destinare al consumo umano.

Tale normativa, sulla base delle locali condizioni di vulnerabilità della risorsa idrica sotterranea, prevede l'istituzione di aree suddivise in:

- zona di tutela assoluta (ZTA);
- zona di rispetto (ZR);
- zona di protezione (ZPA).

La zona di tutela assoluta, adibita esclusivamente all'opera di presa ed alle costruzioni ad essa accessorie, deve avere un'estensione di raggio non inferiore a 10 m ed essere adeguatamente recintata e provvista di canalizzazione per le acque meteoriche.

La zona di rispetto deve avere un'estensione di raggio non inferiore a 200 m rispetto al punto di presa; essa viene delimitata in relazione alla locale situazione di vulnerabilità e al rischio della risorsa.

In assenza dell'individuazione della ZR, la perimetrazione della stessa viene implicitamente intesa di estensione di raggio pari a 200 m, definito anche "criterio geometrico" ai sensi del comma 6 dell'art.94 del D.Lgs. 152/06.

La definizione della ZR è anche possibile con altre metodologie, ad esempio il "criterio temporale o del tempo di sicurezza", applicabile nel caso di acquiferi vulnerabili dietro specifica proposta avanzata dal richiedente/concessionario (D.G.R. 15137/96).

Il "criterio temporale" dimensiona le zone di rispetto (ZR) in funzione del tempo impiegato da una particella d'acqua per compiere un determinato percorso definito come "tempo di sicurezza", definito in funzione del grado di protezione degli acquiferi da un'isocrona di almeno 60 giorni.

In particolare può essere prevista l'adozione di una "zona di rispetto ristretta" (ZRR) e di una "zona di rispetto allargata" (ZRA). Nel primo caso si adotta generalmente un tempo di sicurezza di 60 giorni mentre, in caso di acquifero protetto, la ZRR potrà coincidere con la zona di tutela assoluta (ZA). Nel secondo caso si adotta generalmente un tempo di sicurezza di 180 o 365 giorni, estensione valutata in funzione del pericolo di contaminazione e del grado di protezione degli acquiferi da salvaguardare.

La suddivisione sopra accennata nasce dall'esigenza di attenuare la vincolistica del territorio allontanandosi dalle captazioni.

In merito alle attività vietate o regolamentate all'interno delle aree di salvaguardia si rimanda ai contenuti delle Norme Geologiche di Piano in calce al presente documento.

Per quanto riguarda il territorio comunale, il pozzo Maresso n.5 (P2, codice PO0970490U0002) risulta l'unico punto di captazione per il quale è prevista l'adozione dei vincoli indicati nel D.Lgs. 152/06 (cfr. Tavola 5 e Allegato 9 - Schede per il censimento dei pozzi).

Per quanto concerne la zona di tutela assoluta (ZTA) del pozzo, di raggio pari a 10 m incentrato sulla captazione, allo stato attuale non sussiste una recinzione che impedisca l'accesso; pertanto è plausibile evitare interferenze provvedendo quanto prima a realizzare una recinzione, al cui interno dovranno insistere solamente la cameretta di alloggiamento del pozzo e la struttura edilizia in essere contenente la vasca di accumulo ed i quadri elettrici. Sarà opportuno inoltre procedere alla sua impermeabilizzazione predisponendo la cementazione o la posa di un manto di argilla o di geomembrana per un raggio di 10 m, nonché canalizzazioni per l'allontanamento delle acque meteoriche e di ruscellamento superficiale, aspetto di particolare importanza alla luce delle caratteristiche di vulnerabilità dell'acquifero.

In merito alla zona di rispetto (ZR), la perimetrazione in essere è quella del criterio geometrico di 200 m di raggio. Allo stato attuale, sussistendo uno studio idrogeologico che ha previsto l'implementazione di prove in pozzo (prove di pompaggio a portata costante) atte a determinare i parametri idrogeologici dell'acquifero nell'ambito della regolarizzazione delle captazioni idropotabili comunali (Geoplanet, 2004), la cui conoscenza è indispensabile per procedere alla perimetrazione delle zone di rispetto (ZR) con "criterio temporale", sarebbe auspicabile l'applicazione di questo metodo che comporterebbe strumenti di vincolo meno restrittivi alle attività presenti.

12. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA-GEOMECCANICA

La caratterizzazione geotecnica dei terreni o geomeccanica se si tratta del substrato roccioso, assume notevole rilevanza in termini pratici per la pianificazione territoriale, con particolare riferimento alla corretta progettazione di opere e manufatti e alle disposizioni normative cui attenersi in fase di indagine preliminare ed esecutiva.

Al riguardo sono stati reperiti i dati a disposizione dell'Amministrazione Comunale relativi a prove in sito effettuate nell'ambito del territorio di Missaglia, desunti principalmente da prove penetrometriche dinamiche, mentre per quanto concerne il substrato roccioso i dati derivano dall'ampia bibliografia in merito e da un numero esiguo di rilievi strutturali.

Si sottolinea il carattere puramente indicativo della parametrizzazione proposta, in quanto per i terreni si tratta di valutazioni a carattere puntiforme che possono essere indicativi delle caratteristiche geotecniche dei terreni alla scala dell'intero territorio, ammettendo caratteri di omogeneità litologica dei medesimi in un intorno significativo.

Per l'ammasso roccioso va sottolineato che alla scala dell'affioramento le caratteristiche geomeccaniche-strutturali variano notevolmente in quanto il comportamento è vincolato all'assetto strutturale (giacitura e inclinazione degli strati, etc.) ed al grado di fratturazione della roccia (frequenza e persistenza areale delle discontinuità, etc.).

La selezione dei dati raccolti è stata compiuta in modo tale da fornire un'omogenea e sufficiente copertura del territorio in esame in funzione dello sviluppo areale delle singole unità litologiche.

Il maggior numero di dati geotecnici reperiti è ovviamente relativo alle aree urbanizzate del territorio comunale in virtù della recente espansione demografica ed industriale.

Come si evince dalla struttura dell'elaborato di Tavola 6, per la caratterizzazione geotecnica si è proceduto nel modo seguente:

- 1) preliminare suddivisione del territorio in aree omogenee sotto l'aspetto geologico e litologico in base alla classificazione delle unità geologiche tradizionali
- 2) parametrizzazione geomeccanica indicativa ottenuta da rilievi strutturali con i quali è possibile stabilire classi di qualità dell'ammasso roccioso funzione dell'assetto strutturale e dell'acquisizione di parametri quali-quantitativi del substrato
- 3) definizione della parametrizzazione geotecnica di massima ottenuta dalle prove in sito disponibili, applicando le comuni formulazioni di calcolo proposte da AA.VV, fornendo nell'ambito della gamma di informazioni estrapolabili dalle prove penetrometriche dinamiche i parametri di uso comune quali il peso di volume (γ_t), l'angolo di resistenza al taglio del terreno (ϕ) e nel caso presente, la coesione non drenata (C_u), caratteristica dei terreni coesivi
- 4) caratterizzazione litologica qualitativa del sottosuolo, di carattere indicativo, ricostruita in base all'addensamento del terreno al fine di ottenere un quadro conoscitivo esaustivo circa il differente comportamento geotecnico-geomeccanico che può presentarsi.

Le tipologie principali di terreno possono essere così indicativamente riassunte (Tabella 12.1).

Tabella 12.1 – Classi geotecniche-geomeccaniche indicative

UNITÀ	VARIE	ACCLIVITA'	DISSESTI	CLASSE GEOTECNICA/GEOMECCANICA
<i>Substrato roccioso</i>	-	medio elevata	poco diffusi, locali fenomenologie di frane di crollo	<i>SCADENTE/DISCRETA</i>
<i>Conglomerato del Ceppo Auct.</i>	-	da nulla a media	assenti	<i>BUONA</i>
<i>Depositi del Morenico e Fluviale Mindel Auct..</i>	presenza di occhi pollini e di falde sospese	da nulla a modesta, elevata in corrispondenza delle incisioni torrentizie	possibili fenomeni di ruscellamento superficiale, scivolamenti gravitativi	<i>SCADENTE</i>
<i>Depositi del Morenico Riss Auct.</i>	presenza presenza di falde sospese	da nulla a modesta, elevata in corrispondenza delle incisioni torrentizie	possibili fenomeni di ruscellamento superficiale	
<i>Depositi fluviali e alluvionali recenti</i>	falda sub- superficiale	nulla	assenti	<i>SCADENTE/DISCRETA</i>
<i>Depositi eluvio- colluviali di versante</i>	falda sub- superficiale	da modesta a media	scivolamenti, gravitativi, ruscellamento superficiale	<i>SCADENTE</i>

La classificazione proposta riveste carattere qualitativo e deve essere vista in ottica del tutto indicativa; in tale prospettiva la parametrizzazione illustrata sulla cartografia di Tavola 6 non può e non deve essere direttamente utilizzata per la progettazione e costruzione di opere, sia perché a carattere generale sia perché le caratteristiche di "portanza" dei terreni dipendono dal comportamento del sistema manufatto-terreno di fondazione, variabile quindi da caso a caso e dalla tipologia e dimensionamento delle fondazioni medesime.

Ne consegue che per eventuali previsioni urbanistiche e/o interventi edilizi debbano sempre essere predisposte indagini specifiche ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018.

In conclusione si sottolinea come i limiti al contorno progettuali più significativi riguardino sia l'aspetto idrogeologico sia quello geotecnico.

Nel primo caso è emersa la possibilità di riscontrare la saturazione dei terreni a debole profondità dal piano campagna su buona parte delle aree della pianure di fondovalle, nonché la presenza di falde sospese che interessano il primo sottosuolo nell'ambito dei terrazzi morenici o fluviali antichi del Mindel-Riss Auct.

La bassa soggiacenza del livello piezometrico, compresa tra 2 e 5 m dal p.c. ad interessare il cosiddetto "spessore di interesse geotecnico", è inoltre soggetta ad escursioni anche significative in funzione del regime di precipitazione, nonché legata all'andamento della superficie topografica.

Per tali settori si devono considerare le problematiche connesse all'allontanamento delle acque e la possibilità di incorrere in decadimenti dei requisiti di portanza del terreno a causa dell'imbibizione, quali cedimenti differenziali, maggiormente significativi per quegli strati di terreno soggetti a cicli di imbibizione e drenaggio connessi alla oscillazione del livello di saturazione, aspetti comuni in presenza di discontinuità dei caratteri litotecnici dei terreni morenici e fluviali/alluvionali.

Nel secondo caso, relativamente ai terreni del morenico e fluviale Mindel Auct. in ragione del prevalere di granulometrie fini (limi sabbiosi e argillosi derivanti da processi pedogenetici molto spinti) sostenute da depositi conglomeratici del Ceppo Auct., non è remoto riscontrare la presenza di "occhi pollini", cavità sotterranee di ampiezza assai variabile, la cui localizzazione è del tutto casuale e di difficile individuazione sia con indagini indirette che con indagini dirette.

Come anticipato il loro riscontro comporta serie problematiche in ordine ai requisiti di stabilità statica dei manufatti in relazione alla possibilità di incorrere in cedimenti differenziali del terreno al di sotto della quota di posa delle fondazioni.

13. EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA ACCELERATA DEL TERRITORIO

L'area in esame è caratterizzata da fenomeni esogeni, anche se di entità limitata, che operano modellando il territorio e si esplicano con fenomeni gravitativi, processi di degradazione chimico-fisica e di erosione sui pendii e lungo i corsi d'acqua, nonché attraverso processi di dinamica fluviale.

I fenomeni che contribuiscono alla trasformazione della superficie topografica si instaurano solitamente al convergere di più fattori, determinati sia da cause naturali sia antropiche, queste ultime maggiormente significative laddove vengono modificate le caratteristiche naturali di drenaggio delle acque superficiali e sotterranee.

In linea generale la causa scatenante principale risiede nelle caratteristiche geologiche, litologiche e geomorfologiche proprie della zona, alle quali si sovrappongono gli effetti causati da altri fattori che operano modellando le forme esistenti. Oltre alle suddette cause, anche l'attività umana molto spesso contribuisce ad alterare gli equilibri con il risultato di accelerare notevolmente i processi di degradazione. Le opere e le attività antropiche influiscono negativamente attraverso sbancamenti e costruzioni che interessano aree geologicamente e morfologicamente inadatte, dove spesso vengono modificate le caratteristiche naturali di deflusso determinando instabilità di pendii e modifiche alle sponde dei corsi d'acqua sia nel reticolo principale che in quello secondario.

I caratteri generali che inquadrano la zona in esame da un punto di vista della pericolosità geomorfologica, definita come "la probabilità che un fenomeno di instabilità si verifichi in un certo territorio e in un determinato intervallo di tempo", devono tener conto di tutte le informazioni di tipo geolitologico, geomorfologico oltre che delle caratteristiche del reticolo idrografico.

Non meno importanti sono le informazioni riguardanti le caratteristiche geotecniche dei terreni e geomeccaniche del substrato roccioso, il loro stato di alterazione meccanica e chimica (azione delle acque, temperatura ed esposizione dei versanti), la vegetazione ed i fenomeni legati all'attività umana.

L'analisi e la sintesi di tutte queste caratteristiche ha permesso di individuare alla scala comunale alcune peculiarità di carattere geomorfologico e idrologico, nonché forme e processi legati al quadro di evoluzione morfodinamica che sono di seguito descritti:

A) FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALL'AZIONE FLUVIO-GLACIALE

B) FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALL'AZIONE DELLE ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

C) FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALL'AZIONE DELLA GRAVITÀ

Per la comprensione dell'assetto morfo-strutturale dell'area d'interesse sull'elaborato di Tavola 7, sono state rappresentate in modo analitico le principali forme "naturali" del territorio, distinguendo quelle attive da quelle quiescenti e/o relitte. L'elaborazione della carta è stata supportata dall'interpretazione di foto aeree, dalla bibliografia esistente, dalla consultazione delle banche dati Regionali (SIT Ambiente e Territorio, GEOIFFI Inventario Frane e Dissesti, Sistema Informativo Studi Geologici e Piano di Assetto Idrogeologico, Carta Inventario dei dissesti delle Regione Lombardia), oltre che da appositi sopralluoghi di verifica in sito di validazione delle forme segnalate in bibliografia e nelle banche dati.

A) FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALL'AZIONE GLACIALE E FLUVIO-GLACIALE: sono forme legate al modellamento glaciale durante le fasi di espansione e ritiro avvenute nel Quaternario e alla successiva erosione fluviale.

Orlo di terrazzo glaciale: si tratta di limiti morfologici che sottendono le aree pertinenti l'estensione dei cordoni morenici originati dall'azione modellatrice glaciale.

Talora il limite corrisponde con l'orlo della scarpata fluviale di raccordo con la piana del T. Lavandaia nel suo tratto centrale.

Orlo di terrazzo o scarpata morfologica: i lineamenti individuati identificano delle rotture di pendenza di modesto dislivello ascrivibili ad effetti erosivi connessi sia alla fasi di avanzata e ritiro della lingua glaciale sia all'azione operata dalle fiumane glaciali sulla coltre di sedimenti successivamente depositati.

Si apprezzano a varia quota a ridosso della dorsale di Montevecchia nonché in corrispondenza dei terrazzi morfologici costituiti dai depositi morenici e fluviali antichi .

Cordone morenico: in ambito comunale si apprezza ancora morfologicamente la culminazione di un cordone morenico sviluppato a partire dalla località Molinata, attraverso Missaglia (capoluogo) e Barriano, sino a raggiungere il settore meridionale della località Maresso, come indicato ad esempio in Figura 13.1. Un secondo cordone morenico, di sviluppo assai più contenuto, si identifica in località Ossola-Caparro. Allo stato attuale i rilievi non hanno evidenziato particolari segnali e/o indizi di attività erosiva, in quanto la vegetazione arborea, arbustiva e la copertura erbosa sono ubiquitariamente ben attecchite.



Figura 13.1 - Cordone morenico di Maresso

Massi erratici: in ambito comunale è possibile rinvenire sulla superficie topografica massi erratici anche di ingenti dimensioni; si tratta di blocchi lapidei trasportati dal movimento del ghiacciaio nella fase di avanzamento e depositati durante quella di ritiro.

In linea generale presentano caratteri litologici che rispecchiano le aree alpine di provenienza (ad esempio val Masino, val Malenco), essendo nello specifico costituiti da graniti e serpentini.

La loro presenza a differente quota testimonia la marcata attività glaciale che ha caratterizzato tutta l'area in più fasi distinte. Vista l'impossibilità di indicare puntualmente la loro posizione alla scala della cartografica tematica proposta, per una loro indicativa ubicazione si rimanda alle aree di affioramento dei depositi morenici in senso lato.

B) FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALL'AZIONE DELLE ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI: sono forme derivate dal rimodellamento sia per erosione sia per accumulo delle acque correnti superficiali (torrenti, ruscelli, acque non incanalate, etc.).

Orlo di terrazzo fluviale: i limiti morfologici sono individuati da marcate rotture di pendenza e dislivelli (scarpate) che sottendono settori sub-pianeggianti a tergo (terrazzi del Mindel e del Riss Auct.), originati dall'azione modellatrice fluvio-glaciale; delimitano verso valle l'antica piana fluviale/alluvionale dei corsi d'acqua principali.

Buona parte degli orli di scarpata morfologica in ambito comunale è inattiva, ovvero non sussistono evidenze di dissesti localizzati e/o indizi morfodinamici quali dissesti, crolli, arretramenti del ciglio, etc., sebbene si apprezzino fenomenologie di dissesto che si esplicano con arretramento della scarpata che borda il ripiano morfologico.

Le evidenze più significative di fenomeni attivi di evoluzione morfodinamica riguardano il pendio prospiciente il T. Lavandaia in destra idrografica nel tratto tra il campo sportivo e la porzione più meridionale dell'area industriale di Barriano, le località Cascina Pila, Cascina Butto e Cascina Brughiera, dove è palese l'arretramento e il franamento del ciglio con evoluzione in scivolamento gravitativo.

Tali fenomenologie interessano diffusamente anche gli orli di terrazzo fluviale attuale dei corsi d'acqua che delimitano l'alveo di piena, aventi dislivello compreso tra 1 e 4-5 m; i dissesti non sono stati cartografati per la difficoltà di rappresentare i graficismi relativi ad altre problematiche morfodinamiche quali erosione spondale e scalzamento alla base della scarpata fluviale. Il loro sviluppo è tuttavia evidente sulla base di riferimento cartografico utilizzata.

Erosione incanalata: si tratta di un fenomeno erosivo che interessa la coltre superficiale di terreno per l'azione delle acque di ruscellamento o battenti che si incanalano laddove la conformazione della topografia lo consente o per progressiva recrudescenza localizzata del fenomeno lungo direttrici preferenziali.

Tale fenomenologia è favorita in presenza di terreni limoso-argillosi aventi basso grado di permeabilità.

Si verifica preferenzialmente in quelle aree dove il denudamento naturale ad opera degli agenti atmosferici (scarso attecchimento della vegetazione su pendii acclivi, asportazione dello strato corticale

del deposito, etc.) od antropico (movimentazione terre, disboscamento), determina condizioni favorevoli all'instaurarsi di fenomeni erosivi da parte del gelo e disgelo, delle acque battenti e di ruscellamento superficiale.

Si produce così un'incisione a solchi che una volta innescata si evolve rapidamente approfondendosi e allungandosi con progressivo arretramento della testa di incisione.

Siffatta tipologia di dissesto si localizza preferenzialmente a ridosso della scarpata di raccordo tra i pianalti terrazzati del Mindel-Riss e la sottostante piana fluviale/alluvionale.

Esempi in tal senso sono stati riscontrati a Missagliola, Valle Santa Croce, Campù, Maresso e Contra.

Ruscellamento superficiale: a seguito di precipitazioni meteoriche intense si palesano fenomeni di ruscellamento superficiale (acque non incanalate), che provocano l'imbibizione e spesso movimenti della coltre di terreno per i primi 50 cm (soliflusso).

L'instaurarsi di tali fenomenologie è favorita dalla sussistenza di terreni poco o nulla permeabili che ostacolano l'infiltrazione verso il sottosuolo, talora anche per la presenza del substrato roccioso o conglomeratico a modesta profondità da considerarsi a permeabilità pressoché nulla.

Viene assunta una direzione preferenziale di scorrimento concorde con l'andamento della superficie topografica e si verifica una naturale evoluzione di tale tipologia di dissesto in fenomeni di erosione incanalata.

Riscontri si hanno in Valle Santa Croce, sul versante in destra idrografica della Lavandaia tra il campo sportivo e la zona industriale di Barriano, sui pianalti a "ferretto" a tergo di Cascina Butto e in località Ossola a Nord delle serre e in sinistra idrografica del T. Molgoretta lungo via dei Vagoncini.

Erosione spondale: sono evidenti fenomeni di dissesto del ciglio della scarpata fluviale che limita l'alveo di piena dei corsi d'acqua, che si esplicano con arretramento e/o franamento del medesimo.

Tali dissesti sono localizzabili sia lungo tratti rettilinei del corso d'acqua, sia in corrispondenza di curvature più o meno accentuate di meandro apprezzabili laddove la pendenza del profilo di fondo diminuisce.

Per il dettaglio di tali evidenze di dissesto, vista la difficoltà di apprezzare appieno il graficismo sull'elaborato proposto, si può fare riferimento alla mappatura illustrata dalle schede monografiche dell'Appendice A restituite ad una scala più adeguata.

Il fattore predisponente è da ricercarsi nella composizione litologica dei terreni coinvolti, visto che preferenzialmente vengono interessati i terreni fluvio-glaciali a litologia fine percentualmente abbondante.

Il fattore scatenante si deve al convergere di più fattori quali l'acclività da modesta ad alta della superficie topografica e/o del ciglio spondale, gli effetti di imbibizione a seguito delle precipitazioni e fenomeni di erosione e scalzamento alla base ad opera della corrente in grado di provocare franamenti della scarpata ed il progressivo arretramento del ciglio stesso.

Si vedano gli esempi riportati nelle Figure 13.2, 13.3 e 13.4.



Figura 13.2 - T. Molgoretta - erosione spondale con arretramento/franamento del ciglio



Figura 13.3 - T. Lavandaia - erosione spondale con arretramento/franamento del ciglio su meandro esterno



Figura 13.4 - T. Lavandaia - erosione spondale su meandro esterno

Scalzamento alla base della scarpata fluviale: è una tipologia di evoluzione morfodinamica strettamente connessa alle fenomenologie di erosione spondale appena descritte; anche in tal caso, per il loro dettaglio si rimanda alla mappatura delle schede monografiche dell'Appendice A.

Nello specifico si apprezzano lungo i corsi d'acqua del reticolo idrico principale e minore episodi di scalzamento alla base della sponda in alveo ad opera della corrente fluviale; l'azione di quest'ultima porta alla progressiva asportazione del terreno diminuendo così il contrasto/sostegno al piede della sponda e/o del versante, con conseguente innesco di dissesti gravitativi della coltre di terreno superficiale a tergo (franamento/arretramento).

Si tratta di dissesti che coinvolgono generalmente il lato esterno di anse e/o meandri laddove si apprezza una maggiore velocità della corrente di deflusso e quindi effetti erosivi più significativi, come nel caso rappresentato in Figura 13.5.

Tale tipologia di dissesto si evolve secondo un cinematismo che comporta l'arretramento progressivo del ciglio per franamento del terreno, evidenziando il coronamento e/o una nicchia di distacco qualora a tergo venga interessato un pendio.

In ambito comunale sono stati censiti dissesti sia attivi sia quiescenti e/o stabilizzati a seguito di interventi di messa in sicurezza.

A tal proposito spesso si è cercato di ovviare alla recrudescenza del singolo dissesto, conferendo materiale di risulta o disponendo manufatti di vario tipo (pannelli, lastre in cls, etc.) a protezione della sponda, azioni tuttavia non risultate sufficienti ad arrestare il fenomeno.



Figura 13.5 - T. Molgoretta – scalzamento alla base con evoluzione in franamento di colata del versante a tergo

Aree esondabili: si tratta di aree di pertinenza fluviale periodicamente allagate durante i fenomeni di piena; si concentrano delle zone più depresse in fregio al T. Molgoretta e al T. Lavandaia, dove rappresentano le aree di esondazione naturale del corso d'acqua (golene). In genere le esondazioni si verificano in corrispondenza di attraversamenti sottodimensionati, di sezioni d'alveo ridotte oppure laddove le sponde hanno quote arginali topograficamente ribassate.

Le principali aree di esondazione lungo il T. Lavandaia si individuano in località Molinata, presso l'area industriale in sinistra idrografica tra il corso d'acqua e via Papa Giovanni XXIII, all'altezza del cimitero e, proseguendo verso Sud, presso la zona industriale di Barriano, in località Cascina Novaglia, presso Molino Frattino e Molino Cattaneo.

Riguardo il T. Molgoretta le esondazioni si localizzano presso valle Santa Croce e a valle della località Brughiera.

Anche sul reticolo idrico minore si apprezzano localmente aree esondabili con problematica riconducibile a difficoltà di deflusso attraverso manufatti di attraversamento non sufficientemente dimensionati.

Con riferimento al reticolo idrografico indicato in Tavola 5 ed alla localizzazione delle aree esondabili di Tavola 7, sono emerse problematiche lungo il Rio Croce degli Appestati (cod.03097008) ed il Rio Maresso (cod. 03097025), entrambi affluenti in destra idrografica del T. Molgoretta, siti rispettivamente poco a Sud della località Valle Santa Croce e all'estremità meridionale del territorio comunale, nonché allo sbocco del Rio Molino Frattino (cod. 03097039) nel T. Lavandaia (destra idrografica) presso l'omonima località.

I punti di possibile tracimazione sono stati individuati sulla base della documentazione storica e bibliografica relativa agli episodi di piena verificatisi e sulla scorta dei sopralluoghi effettuati. In linea generale sono stati individuati i punti di tracimazione dagli argini avvenuti, in taluni casi, a seguito di fenomeni di rigurgito verso monte per la presenza di sezioni di deflusso sottodimensionate (attraversamenti) o per la presenza di flottanti.

Area soggetta a fenomeni di ristagno: si tratta di aree ristrette arealmente dalla particolare conformazione topografica che in occasione di precipitazioni abbondanti o apporto di acque per fenomeni di ruscellamento diffuso/concentrato, causa lo scarso drenaggio del terreno superficiale avente ridotta permeabilità (componente fine limoso-sabbiosa-argillosa prevalente), manifestano condizioni di costante saturazione con livello prossimo al piano campagna.

Fenomeni di imbibizione del terreno e locali scaturigini si apprezzano nel settore in sinistra idrografica del T. Molgoretta a partire dalla località Santa Croce, in corrispondenza della vecchia Fornace lungo via alle Valli, sino a Cascina Pianette, nonché sul pianalto a “ferretto” in località Ossola.

Sorgente/venute d’acqua: si tratta di emergenze idriche assai esigue in termini di portata, che si concentrano in genere alla base dei versanti solitamente in corrispondenza al passaggio litologico tra litotipi a differente permeabilità. Un esempio in tal senso è manifesto nell’area di Cascina Pila, laddove a ridosso della scarpata fluviale di raccordo con il T. Molgoretta, si apprezza una sorgente che scaturisce al contatto tra i terreni fluviali ed i conglomerati del Ceppo Auct., che fungono da orizzonte impermeabile (sorgente per “soglia di permeabilità”), essendo in questa zona probabilmente molto cementati. Altre emergenze interessano la base del versante lungo via dei Vagoncini.

In area dove affiorano il Flysch di Bergamo o la Scaglia Lombarda, si possono rilevare sorgenti temporanee anch’esse classificabili come sopra, oppure emergenti in corrispondenza di lineamenti tettonici che coinvolgono il substrato roccioso.

Sovralluvionamento alveo: si tratta di sedimentazione in alveo di materiale lapideo grossolano (ciottoli e blocchi pluridecimetrici in matrice ghiaioso-sabbiosa), che si deposita preferenzialmente nei tratti contraddistinti da pendenza ridotta del profilo di fondo.

Il materiale deposto in genere ha origine sia dalla sedimentazione della frazione grossolana trasportata durante gli episodi di piena dei corsi d’acqua sia dell’erosione delle sponde arginali costituite da depositi alluvionali e fluviali a componente grossolana prevalente, il cui supporto di matrice fine viene dilavato e trasportato dalla corrente verso valle. Episodi documentati sono maggiormente rilevabili lungo il corso del T. Lavandaia (Figura 13.6).

La loro sussistenza comporta problematiche di carattere idraulico in quanto riducono la sezione di deflusso delle acque superficiali (parziale interrimento) e spesso sono in grado di convogliare la corrente verso tratti spondali o manufatti, determinando un incremento della capacità erosiva della corrente.

In tale definizione non rientrano i settori interni di meandro dove per effetto dell’erosione sulla sponda esterna si deposita il materiale grossolano sul lato opposto formando le “barre di meandro”.



Figura 13.6 - T. Lavandaia – sovralluvionamento presso il ponte di via Merlini

In conclusione si osserva dai rilievi effettuati lungo gli alvei come sia stato possibile evidenziare la generalizzata presenza di vegetazione arbustiva e arborea spondale, quest'ultima più sviluppata nel tratto di corso d'acqua esterno all'urbanizzato.

Da un lato essa consente condizioni di maggiore stabilità alla sponda sia in corrispondenza del ciglio della scarpata sia alla base, mitigando anche le fenomenologie di erosione in corrispondenza dei meandri esterni soprattutto in presenza di apparato radicale delle piante di alto fusto.

Dall'altro è implicito considerare l'invecchiamento della vegetazione arborea (caduta di alberi) e gli effetti di sradicamento della corrente di piena sulle sponde, con innesco di problematiche idrauliche connesse alla presenza di flottanti in alveo, in grado di ridurre sensibilmente la sezione di deflusso sino all'occlusione dell'alveo.

Tale aspetto assume particolare significato considerando i numerosi attraversamenti sul corso d'acqua, alcuni dei quali risultano già essere sottodimensionati al deflusso di piena anche per tempi di ritorno non necessariamente elevati.

C) FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALL'AZIONE DELLA GRAVITÀ: sono forme di trasformazione dei versanti derivanti dai processi di alterazione sui quali influisce successivamente l'azione della gravità e delle acque superficiali e sotterranee.

In relazione al censimento dei dissesti legati alla gravità e nell'ottica di rendere conforme lo Studio Geologico con gli strumenti di *pianificazione sovraordinata* (Piano di Assetto Idrogeologico - P.A.I. e P.G.R.A.), la consultazione dell'Allegato 2 - "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici – determinazione delle aree in dissesto") ha escluso la sussistenza di dissesti in ambito comunale.

Pertanto il censimento effettuato e proposto in cartografia si deve all'analisi della documentazione disponibile ed alle risultanze dei sopralluoghi effettuati, a costituire a tutti gli effetti il quadro conoscitivo del dissesto a livello comunale.

Riguardo l'evoluzione morfodinamica, in ambito comunale i pendii sembrano discretamente stabili sebbene fattori concomitanti quali l'acclività talora elevata, la presenza di una coltre di terreni eluvio-colluviali superficiali poco addensati a litologia prevalentemente fine e gli effetti connessi alla loro saturazione e imbibizione, comportino condizioni di potenziale franosità con tipologia di fenomeni gravitativi essenzialmente ascrivibile a frane di scivolamento in materiale sabbioso-limoso-argilloso.

Laddove si è verificata l'asportazione della coltre superficiale e l'esposizione del terreno e del substrato roccioso all'azione degli agenti esterni (profonda alterazione dei terreni e della roccia, disorganizzazione dello scheletro litologico o lapideo, etc.), si manifestano condizioni prodrome all'innescare dei fenomeni gravitativi ed i presupposti per una recrudescenza del dissesto stesso nel tempo.

I dissesti censiti sono relativi a frane attive e quiescenti/relitte o stabilizzate.

In Allegato 6 è riportato il quadro del dissesto censito in ambito comunale in forma monografica (schede del dissesto).

Frana attiva in roccia: un fenomeno di instabilità/dissesto accertato riguarda la testata del bacino del T. Molgoretta (località Valle Santa Croce), dove è manifesta una frana attiva che interessa il substrato roccioso, classificabile come frana di crollo/distacco di blocchi.

Frana attiva: si tratta di dissesti per i quali attualmente è possibile individuare una condizione di movimento. Si hanno essenzialmente frane di scivolamento della coltre superficiale eluvio-colluviale e/o detritica e/o glaciale, in ogni caso di modesto spessore, sulla quale influiscono negativamente come concause, l'imbibizione a seguito di precipitazioni particolarmente copiose e prolungate nel tempo e l'acclività della superficie topografica. L'instabilità è quindi legata all'effetto della gravità contestualmente all'azione delle acque superficiali e sotterranee (fenomeni di imbibizione ed erosione incanalata), in grado di determinare modificazioni dell'equilibrio limite della coltre medesima e favorire l'innescare del movimento che può evolvere in colata. Esempi in tal senso sono stati rilevati in frazione Molinata (via Monsignor Beretta in Figura 13.10), alla testata del bacino della Molgoretta, lungo la scarpata di raccordo tra il pianalto di Missagliola e la piana della Lavandaia nel tratto tra il campo sportivo e la porzione meridionale della zona industriale. Altri dissesti di analogo cinematismo sono evidenti presso Cascina Brughiera (Figure 13.7 e 13.8), Cascina Pila (Figura 13.9) lungo le scarpate di raccordo con l'alveo dei corsi d'acqua principali. In quest'ultimo caso il movimento è innescato da fenomeni erosivi di scalzamento alla base in alveo ad opera della corrente e conseguente franamento/arretramento progressivo del ciglio e del coronamento e/o della coltre di terreno superficiale costituente il versante a tergo, essenzialmente sabbioso-limoso-argillosa. Allo stato attuale, per entrambi i dissesti, sono stati effettuati lavori a cura dell'Ente Parco di Montevicchia e Valle del Curone per di messa in sicurezza attraverso interventi di riprofilatura, sistemazione, prevenzione dall'erosione al piede con posa di scogliere in pietrame, piantumazione e consolidamento con tecnologie di ingegneria naturalistica, che di fatto hanno condotto alla loro "stabilizzazione".



Figura 13.7 - Frana presso Cascina Brughiera – coronamento nicchia di distacco in fase di progressivo arretramento



Figura 13.8 - Frana presso Cascina Brughiera – corpo di frana



Fig. 13.9 - Frana presso Cascina Pila – corpo di frana e coronamento



Figura 13.10 - Frana di via Monsignor Beretta in località Molinata – area di frana a valle della sede stradale

Frana quiescente: in questa tipologia rientrano dissesti inattivi o sviluppatasi in condizioni geomorfologiche e climatiche del tutto differenti dalle attuali, oppure si tratta di situazioni per le quali sussistono presupposti di potenziale riattivazione del cinematisimo.

Anche in tal caso si tratta di movimenti coinvolgenti la coltre di terreno superficiale di natura eluvio-colluviale o detritica.

Frane quiescenti sono state evidenziate lungo le scarpate di raccordo tra i terrazzi e la piana fluviale alluvionale dei principali torrenti, spesso sul lato esterno di anse e/o meandri ad elevato raggio di curvatura laddove si apprezza una maggiore velocità della corrente di deflusso e quindi effetti erosivi più significativi.

Frana stabilizzata: tra le frane stabilizzate si elenca un dissesto lungo via Sant'Apollonia a Molinata, messo in sicurezza con minimi interventi di riprofilatura e posa di massi ciclopici, nonché quello di Cascina Butto consolidato con interventi di ingegneria naturalistica (Figura 13.11).

A seguito dei recenti interventi effettuati sui dissesti di Cascina Brughiera e Cascina Pila sopra brevemente descritti, tali fenomenologie possono ragionevolmente essere classificate come frane stabilizzate (Figure 13.12÷13.17)



Figura 13.11 - Frana di Cascina Butto – messa in sicurezza/stabilizzazione con interventi di ingegneria naturalistica



Figura 13.12 - Frana di Cascina Brughiera – interventi di consolidamento del coronamento con tecnologie di ingegneria naturalistica e riprofilatura del corpo frana



Figura 13.13 - Frana di Cascina Brughiera – cfr. didascalia Fig. 13.12



Figura 13.14 - Frana di Cascina Brughiera – opere di consolidamento coronamento e di stabilizzazione/protezione dall'erosione del terreno con geostuoie



Figura 13.15 - Frana di Cascina Pila – riprofilatura e stabilizzazione del coronamento e del corpo frana con interventi di ingegneria naturalistica e piantumazione



Figura 13.16 - Frana di Cascina Pila – cfr. didascalia Fig. 13.15



Figura 13.17 - Frana di Cascina Pila – riprofilatura e stabilizzazione del corpo frana con piantumazione

Pareti in roccia soggette a crollo: dissesti di tale tipo interessano localmente i contrafforti rocciosi che cingono il comune a Nord ed Est (frazione Molinata, testata del bacino del T. Molgoretta, pendici della dorsale di Montevecchia, etc.) e sono spesso in associazione ad elementi strutturali quali gli orli di scarpata morfologica.

Esempio sono le pareti rocciose presso la vecchia area di cava di pietra (Flysch di Bergamo), dove a causa della pendenza (sub-verticalità) dei fronti scavati possono verificarsi fenomeni di distacco di blocchi singoli o in massa, come accaduto nel recente passato (Figura 13.18).

Altre evidenze riguardano il versante in destra idrografica del T. Molgoretta immediatamente a monte di Cascina Pianette, lungo via dei Vagoncini, laddove si apprezzano pareti sub-verticali, peraltro di modesta altezza, interessate da crolli di blocchi e/o lastre in roccia (toppling).

In tal caso gli affioramenti appartengono alla Formazione della Scaglia Lombarda, in facies arenaceo-marnosa fittamente stratificata, con inclinazione degli strati prossima alla verticalità (Figura 13.19).

Si tratta in ogni caso di fenomenologie di dissesto relativamente distanti dalle aree urbane o di sviluppo edilizio.



Figura 13.18 - Ex cava di pietra – pareti rocciose sub-verticali potenziale sorgente di crollo di blocchi singoli o in massa



Figura 13.19 - T. Molgoretta – parete rocciosa in destra idrografica potenzialmente sorgente di crollo di blocchi di roccia

Aree soggette ad erosione e franosità superficiale diffusa: nell'ambito di questa tipologia di dissesto, palese in ambito comunale nel citato tratto di scarpata in destra idrografica della Lavandaia tra il campo sportivo e la porzione meridionale della zona industriale (Figura 13.20), e alla testata del bacino del T. Molgoretta (Valle Santa Croce) si apprezza uno stato di diffuso dissesto superficiale che si esplica attraverso fenomeni di scivolamento, colata, scollamento e decorticamento del suolo con parziale movimento traslativo per gravità (creeping) ed inclinazione della vegetazione arborea (reptazione), fenomenologie acuite dall'azione contestuale delle acque battenti e di scorrimento superficiale, per imbibizione-saturazione.

Ad ampia scala emerge pertanto una potenziale propensione al dissesto per motivi di carattere geotecnico (equilibrio limite) e/o morfologici (acclività del versante), con coinvolgimento di volumi di terreno peraltro complessivamente modesti.



Figura 13.20 - T. Lavandaia – porzione di versante in destra idrografica tra il campo sportivo e la porzione meridionale della zona industriale interessato da frane attive e franosità diffusa della coltre superficiale

In conclusione meritano attenzione le forme e/o le opere legate all'intervento dell'uomo.

Elementi antropici - se si escludono i terrazzamenti e i rimodellamenti artificiali del terreno per le pratiche colturali un tempo attive nell'area, maggiormente significativi nella porzione di territorio comunale pertinente il versante e la dorsale di Molinata e Montevecchia, sull'elaborato di Tavola 7, sono state censite ed ubicate le evidenze maggiormente significative in tal senso.

Ad esempio sono illustrate le opere di difesa/regimazione idraulica, (scogliere, muri spondali, gabbionate, briglie), distinguendo il loro stato di funzionalità, l'area della vecchia cava di pietra, i conferimenti abusivi di materiale, i punti di scarico incontrollato sul suolo, etc.,.

Per quanto concerne le opere di difesa idraulica si sottolinea come la naturale evoluzione morfologica delle pertinenze fluviali ha portato nel tempo alla realizzazione di interventi di difesa spondale quali muri in pietra e/o lastre in cls per ovviare puntualmente all'occorrenza di fenomeni di dissesto in alveo essenzialmente riconducibili a fenomeni erosionali di sponda.

Il censimento effettuato ha evidenziato come si tratti di opere in buona parte ammalorate e/o già all'origine scarsamente funzionali sotto l'aspetto idraulico.

In aggiunta è stato individuato un lungo tratto in sinistra idrografica del T. Lavandaia tra Molinata ed il capoluogo dove in corrispondenza della vecchia area di espansione industriale sono stati conferiti materiali di riporto e la sponda arginale è stata riprofilata/innalzata con la realizzazione di interventi di difesa di dubbia funzionalità idraulica, che hanno oltretutto acuito lo stato di degrado del corso d'acqua. Ciò risulta oltremodo peggiorativo nei confronti dell'assetto idraulico in quanto l'azione erosiva della

corrente porta al progressivo scalzamento al piede di detti manufatti, favorendo il cedimento del materiale ed il suo accumulo in alveo con conseguente riduzione della sezione utile al deflusso.

Analoga situazione riguarda il tratto in destra idrografica della Molgoretta a valle del ponte di via delle Pianette/via degli Ulivi e presso Cascina Butto.

I rilievi effettuati hanno anche messo in luce problemi strutturali come il cedimento della spalla di alcuni ponti in Valle Santa Croce, presso la vecchia Fornace e in località Brughiera sul T. Molgoretta, in via Resegone e in località Campù sul T. Lavandaia.

E' stato inoltre constatato il lesionamento di muri di difesa spondale per fenomeni di scalzamento al piede ad opera della corrente che, a causa la mancanza di contrasto, conduce al lesionamento strutturale del manufatto.

Esempio in tal senso concerne un muro sul T. Lavandaia in località Molinata, immediatamente a Sud del ponte stradale di via A. Diaz-via Giovanni XXIII, sito in corrispondenza di una brusca deviazione dell'alveo medesimo.

Alcuni esempi delle situazioni descritte sono riportati nelle seguenti Figure 13.21, 13.22, 13.23, 13.24 e 13.25.



Figura 13.21 - T. Lavandaia – gabbionate ammalorate franate in alveo



Figura 13.22 - T. Lavandaia – muri/scogliera di difesa spondale franate in alveo



Figura 13.23 - R. Nava – pannelli in cls a protezione meandro esterno franati in alveo



Figura 13.24 - T. Lavandaia – interventi di difesa spondale fittizi e di dubbia funzionalità idraulica



Figura 13.25 - T. Molgoretta – interventi di difesa spondale fittizi e di dubbia

14. RISCHIO SISMICO

L'entrata in vigore della Legge Regionale n.12 dell'11 marzo 2005, "Legge per il governo del territorio" modifica l'approccio in materia urbanistica passando dal concetto di pianificazione a quello di Governo del Territorio e valorizza contestualmente lo studio della componente geologica, idrogeologica e sismica nello strumento urbanistico, al quale è affidata una responsabilità essenziale nella definizione delle scelte insediative. L'emanazione della D.G.R. n.IX/2616 del 30 Novembre 2011 "*Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio*, in attuazione all'art.57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n.12", introduce linee guida specifiche per la definizione del rischio sismico basate sulle più recenti metodologie disponibili ed in base a studi più approfonditi relativi alla componente sismica, conseguenti alla nuova classificazione del territorio nazionale. Il presente capitolo costituisce pertanto materia di riferimento relativamente alla definizione della componente sismica del territorio comunale di Missaglia.

14.1 Ambito di applicazione della Legge Regionale n.12/2005

Lo studio di valutazione della pericolosità sismica locale (PSL) è indispensabile per un corretto approccio pianificatorio, poiché in grado di fornire indicazioni relative all'azione sismica già nella fase di analisi, rimandando alla fase progettuale-esecutiva l'applicazione specifica delle norme tecniche costruttive. Questo nuovo aspetto della direttiva costituisce una novità in quanto recepisce le recenti normative in merito al rischio sismico sulla base della classificazione sismica dei comuni lombardi e ne specifica alcuni profili a livello comunale (microzonazione), quali la risposta sismica locale.

Di seguito vengono pertanto illustrate le procedure di approccio ed applicazione per l'analisi e la valutazione degli effetti sismici di sito.

14.2 Analisi del rischio sismico (Allegato 5 - D.G.R. n.IX/2616 del 30 novembre 2011)

L'Allegato 5 della D.G.R. n. n.IX/2616 illustra le procedure per l'analisi e la valutazione degli effetti sismici di sito in ambito regionale, con la finalità di definire l'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio.

Il nuovo approccio è organizzato con una struttura modulare che si presta ad una continua e graduale implementazione e aggiornamento in base alla zona sismica di riferimento e agli scenari di pericolosità individuati in ambito regionale, attese le situazioni litologiche e morfologiche presenti.

L'analisi del rischio sismico è volta a definire la risposta sismica locale, cioè valutare come le condizioni geologiche, litologiche e geomorfologiche di una determinata zona possano influenzare la pericolosità sismica di base in occasione di un sisma, producendo effetti diversi nella valutazione generale della medesima.

L'obiettivo è pertanto quello di definire una microzonazione sismica in grado di interagire con le opere e le infrastrutture previste in ambito pianificatorio.

14.2.1 Risposta sismica locale

La classificazione delle zone sismiche del territorio nazionale (Allegato 1 dell'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003), stabilì la sussistenza di 4 zone sismiche sulla base di altrettanti valori di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico a_g/g , con le relative norme progettuali e costruttive da applicare. Ciascuna zona viene poi individuata da valori di accelerazione orizzontale di picco al suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo lo schema della Tabella 14.1 seguente.

Tabella 14.1 – Classificazione sismica del territorio nazionale e accelerazioni orizzontali di riferimento

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15-0.25	0.25
3	0.05-0.15	0.15
4	<0.05	0.05

L'OPCM n.3274 inserì il Comune di Missaglia in "zona 4" ad identificare i comuni a rischio sismico più basso di tutto il territorio nazionale (pericolosità sismica molto bassa). Successivamente, a seguito dell'emanazione della recente D.G.R. 11 luglio 2014 n.X/2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia", per il Comune di Missaglia è stata prevista una ridefinizione della classe, ovvero l'attribuzione ad una zona sismica 3 (pericolosità sismica bassa) in virtù di un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico $a_g/g = 0,06$ (Figura 14.1).

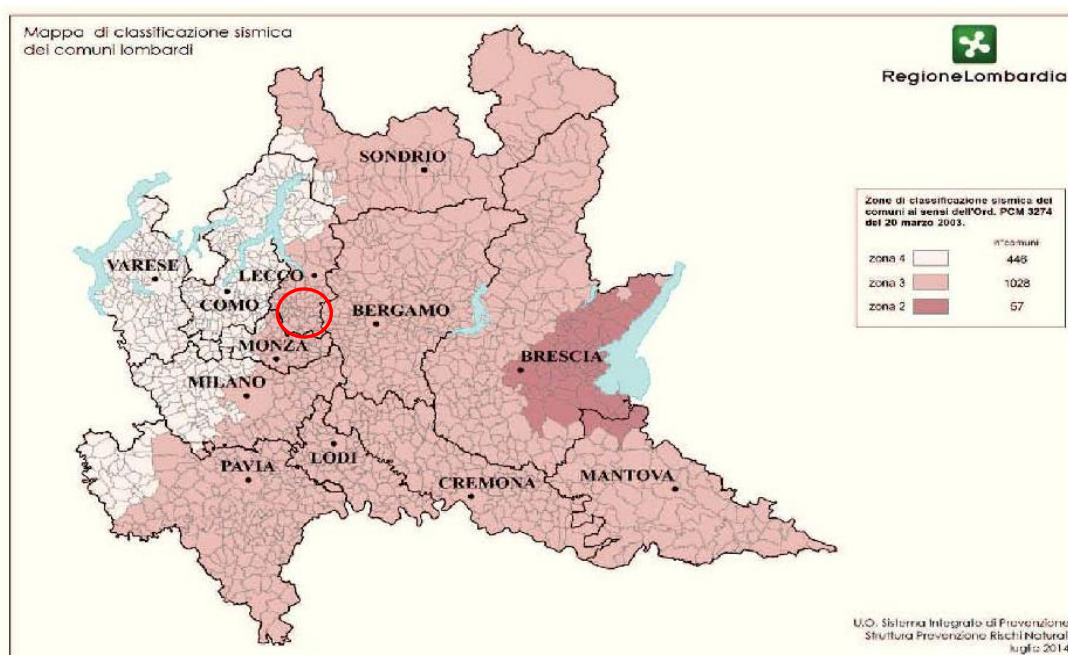


Figura 14.1 – Mappa di classificazione sismica dei comuni lombardi

Considerata questa premessa, alla scala strettamente locale, numerosi fattori possono concorrere a determinare condizioni differenti nei confronti della pericolosità sismica di base.

I diversi effetti derivanti dalle condizioni locali (geolitologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, etc.), vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto il primo approccio è finalizzato a riconoscere alla scala del territorio comunale le aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico, previa identificazione della categoria di terreno presente.

In funzione delle caratteristiche del terreno vengono distinte due categorie di effetti locali:

1. “effetti di sito o di amplificazione sismica locale”
2. “effetti di instabilità”

Effetti di sito o di amplificazione sismica locale - Interessano tutti i terreni che, nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese, manifestano un comportamento stabile. Gli effetti sono rappresentati dall'insieme delle caratteristiche di un terremoto di riferimento (ampiezza, frequenza, durata) relativo ad una formazione rocciosa di base, modificate a seguito dell'attraversamento di strati ad essa soprastanti in conseguenza dell'interagire delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Si distinguono due gruppi di effetti, che possono essere contestualmente presenti nel medesimo sito, nella fattispecie gli effetti di amplificazione topografica e gli effetti di amplificazione litologica.

Gli effetti di amplificazione topografica si manifestano in presenza di morfologie superficiali ed irregolarità topografiche più o meno articolate, peculiarità che favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche, con amplificazione variabile in funzione del tipo di terreno presente.

Gli effetti di amplificazione litologica si verificano qualora, alla scala locale, siano palesi particolari strutture geologiche sepolte e litologie con determinate proprietà geotecniche e/o meccaniche, in grado di provocare esaltazione delle azioni sismiche e fenomeni di risonanza trasmesse al terreno e alle infrastrutture.

Effetti di instabilità - interessano tutti i terreni che manifestano un comportamento instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; sono in genere rappresentati da dissesti e movimenti anche di grandi masse di terreno, incompatibili con la stabilità delle strutture. Nella fattispecie il sisma risulta il fattore di innesco e/o riattivazione di:

- crolli, scivolamenti rotazionali e traslazionali, colamenti, etc., lungo versanti in roccia o materiale sciolto aventi equilibrio precario;
- deformazioni permanenti del suolo connessi a densificazione in terreni granulari sopra falda e liquefazione in terreni sabbiosi in falda, in terreni aventi caratteristiche fisico-meccaniche scadenti;
- fenomeni di subsidenza in presenza di carsismo sotterraneo;
- movimenti differenziali e movimenti relativi orizzontali e verticali in presenza di contatti stratigrafico/tettonici.

14.2.2 Analisi della sismicità del territorio

La metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, in adempimento a quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni", dall'O.P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003, dalla D.G.R. n.14964 del 7 Novembre 2003 e dal d.d.u.o. n.19904 del 21 Novembre 2003), viene compiutamente illustrata nell'Allegato 5 della D.G.R. n.IX/2616.

La valutazione dell'amplificazione sismica locale è fondata su analisi dirette e prove sperimentali su aree campione in ambito regionale che fanno riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni), prevede l'applicazione di tre livelli di approfondimento:

- il **I livello**, di tipo qualitativo e propedeutico ai successivi livelli di approfondimento, riconosce le aree passibili di amplificazione sismica sulla base di differenti scenari di pericolosità sismica locale derivanti da situazioni tipo dell'assetto del territorio (geologia, geomorfologia ed idrogeologia), ad esempio rilevabili dai contenuti della cartografia di inquadramento proposta nella Fase di analisi dello studio geologico.

Gli scenari (zone PSL) sono identificati con le sigle Z1, Z2, Z3, Z4, Z5 e si prefiggono di trattare tutte le possibili casistiche geologiche in ambito regionale, sebbene siano passibili di revisione sulla base di evidenze particolari o fattori strettamente locali non contemplati nello schema di valutazione originario di seguito illustrato (Tabella 14.2).

Detti scenari sono stati individuati poiché in grado di produrre effetti sismici locali che si esplicano con:

- fenomeni di instabilità	⇒ scenari Z1a-b-c
- cedimenti	⇒ scenario Z2a
- liquefazioni	⇒ scenario Z2b
- amplificazioni topografiche	⇒ scenari Z3a-b
- amplificazioni litologiche	⇒ scenari Z4a-b-c-d
- comportamenti differenziali	⇒ scenario Z5

La carta della pericolosità sismica (Tavola 8) così redatta permette anche l'assegnazione diretta della classe di pericolosità dei singoli scenari e dei successivi livelli di approfondimento necessari per la fase esecutivo-progettuale.

Il I livello è obbligatorio in fase pianificatoria per tutti i Comuni ricadenti in Zona sismica 4.

Tabella 14.2 – Scenari di pericolosità sismica locale

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

- il **II livello** è mirato ad una caratterizzazione di tipo semi-quantitativo degli effetti di amplificazione sismica nelle aree a pericolosità sismica locale (PSL) individuate con il I livello, fornendo una stima della risposta sismica dei terreni in termini di fattore di amplificazione (F_a).

Nello specifico l'analisi di II livello è mirata ad individuare entro le aree PSL, previa applicazione di opportune procedure, situazioni nelle quali gli effetti locali sono in grado di produrre incrementi del fattore di amplificazione rispetto al valore di soglia ricostruito per ciascun comune in ambito regionale da uno studio del Politecnico di Milano, ovvero accertare se la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (F_a calcolato > F_a di soglia comunale).

Nel caso in cui si verifichi tale superamento, si dovrà procedere agli approfondimenti di III livello oppure adottare per la fase progettuale parametri previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore. L'analisi di II livello è obbligatoria in zona sismica 2 e 3 nelle aree a pericolosità sismica locale Z3 e Z4 se interferenti con l'urbanizzato e/o con le zone di espansione urbanistica, per tutte le tipologie di costruzione, oppure in zona sismica 4 sempre nelle aree Z3 e Z4 qualora sia in previsione la realizzazione di nuovi fabbricati definiti strategici o rilevanti (elenco al d.d.u.o. n.19904/2003), o comunque per le costruzioni il

cui uso prefiguri affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

- il **III livello** definisce gli effetti di amplificazione attraverso indagini più approfondite, dirette ed indirette; si applica in fase progettuale sulla base di differenti casistiche e, come anticipato, qualora la determinazione del fattore di amplificazione ricavato con il II livello all'interno degli scenari PSL si dimostri inadeguato nei confronti dei parametri stabiliti a livello nazionale.

L'analisi di III livello si applica in fase progettuale nelle zone PSL individuate come Z1, Z2, Z5 per edifici strategici e rilevanti e negli scenari Z3a e Z3b nel caso si prevedano strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra 5 e 15 piani. Il III livello è anche obbligatorio nel caso di progetto di costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali, ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Uno schema esemplificativo di quanto descritto relativamente al livello di approfondimento da implementare in funzione della zona sismica di appartenenza è di seguito riportato in Tabella 14.3.

Infine si sottolinea che gli approfondimenti di II e III livello non devono essere eseguiti nelle aree considerate inedificabili a seguito del riscontro di problematiche geologiche, geomorfologiche e ambientali, o sottoposte a vincolo da specifica normativa, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica (cfr. carta di Fattibilità e delle Azioni di Piano di Tavola 11A÷D).

Tabella 14.3.- Livelli approfondimento studio della sismicità locale

	LIVELLI DI APPROFONDIMENTO E FASI DI APPLICAZIONE		
	I LIVELLO FASE PIANIFICATORIA	II LIVELLO FASE PIANIFICATORIA	III LIVELLO FASE PROGETTUALE
ZONA SISMICA 2-3	OBBLIGATORIO	- nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- nelle aree indagate con il II livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale - nelle zone PSL Z1 e Z2
ZONA SISMICA 4	OBBLIGATORIO	- nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n.19904/03)	- nelle aree indagate con il II livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale - nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti

14.3 Carta della pericolosità sismica locale: analisi di I livello

Allo stato attuale il Comune di Missaglia non ha in previsione a breve termine la realizzazione di edifici strategici o rilevanti, tantomeno sono previsti Piani di Lottizzazione che prevedano la realizzazione di edifici individuati agli elenchi delle suddette deliberazioni. Pertanto, in conformità alle disposizioni normative in merito alla prevenzione del rischio sismico, è stato predisposto il I livello di approfondimento, sviluppato con la redazione della Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) e del presente capitolo descrittivo, contenente anche le prescrizioni per l'implementazione degli approfondimenti di II e III livello.

Per quanto concerne le prescrizioni necessarie all'implementazione degli approfondimenti di II e III livello, si rimanda alle Norme Geologiche di Piano, che dovranno essere la base di indirizzo e di lavoro per eventuali approfondimenti che si rendessero necessari nel caso di previsioni urbanistiche future da parte dell'Amministrazione o di privati, riguardanti la realizzazione di opere strategiche e/o rilevanti in ambito comunale, estesi anche ad altre tipologie di edifici su richiesta del Comune. La normativa prevede che il I livello di approfondimento non comporti alcun aggiornamento della Carta di Sintesi o variazioni delle classi stabilite nella Carta di Fattibilità geologica per le azioni di piano; quest'ultima dovrà tuttavia illustrare lo sviluppo areale delle zone di pericolosità sismica locale individuate.

L'analisi sismica in adeguamento allo studio della componente geologica ai sensi della recente direttiva di applicazione, prevede l'elaborazione di una Carta della Pericolosità Sismica Locale, nello specifico redatta alla scala 1:5.000 (Tavola 8). Essa riporta le differenti situazioni litologiche e geomorfologiche riscontrate alla scala del territorio comunale, in grado di determinare effetti sismici locali, individuando quindi aree a pericolosità sismica locale (PSL) perimetrate secondo le situazioni tipo individuate dalla Regione Lombardia di cui alla precedente Tabella 14.2, con gli adattamenti del caso alle informazioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche utilizzate in fase di redazione delle carte di base dello studio geologico. Poiché l'analisi sismica ha come prima finalità l'individuazione delle problematiche inerenti l'interazione tra terreno e opere di fondazione-struttura in occasione di un terremoto di riferimento, ad esempio per l'effetto di amplificazioni sismiche, per l'attribuzione dei singoli scenari di pericolosità sono state considerate con maggior "peso" le caratteristiche litologiche dei terreni entro il cosiddetto "spessore di interesse geotecnico" alla luce della tipologia costruttiva più comune in ambito comunale (profondità di posa delle fondazioni, degli interrati, etc.), sempre considerando spessore delle coperture e regime della falda.

Di seguito vengono schematicamente e sinteticamente descritti gli scenari individuati nella carta redatta della pericolosità sismica locale.

SCENARIO Z1a - *Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi*

I settori pertinenti riguardano le frane attive censite, in località Molinata, presso la dorsale di Montevicchia ed a ridosso delle scarpate dei terrazzi di raccordo con i corsi d'acqua del reticolo idrografico. Le problematiche sono connesse all'instaurarsi di fenomeni di instabilità nei confronti delle sollecitazioni

sismiche incompatibili con la stabilità degli edifici. Tale scenario determina l'assegnazione di una **Classe di pericolosità H3** (è fatto divieto di edificazione).

SCENARIO Z1b - *Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti e/o relitti*

Le aree interessate riguardano le frane quiescenti censite in ambito comunale a ridosso dei versanti di raccordo con i corsi d'acqua. Le problematiche sono connesse a fenomeni di potenziale instabilità nei confronti delle sollecitazioni sismiche incompatibili con la stabilità degli edifici. Tale scenario determina l'assegnazione di una **Classe di pericolosità H2** e approfondimenti di **III livello** nel caso di nuove edificazioni in area urbanizzabile o interferente con l'urbanizzato.

SCENARIO Z1c - *Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana*

Nell'ambito della definizione dell'assetto morfo-strutturale sono state evidenziate alcuni settori contraddistinti da una copertura terrigena (coltre-eluvio colluviale) in condizioni di equilibrio limite (piccoli scivolamenti e/o colate, scollamenti e decorticamenti del suolo con parziale movimento traslativo per gravità), ad esempio lungo tutto il tratto mediano del T. Lavandaia sulla scarpata in destra idrografica. Le problematiche sono connesse a fenomeni di potenziale instabilità a causa della sollecitazione sismica di riferimento, da cui deriva l'assegnazione di una **Classe di pericolosità H2** e approfondimenti di **III livello** nel caso di nuove edificazioni in area urbanizzabile o interferente con l'urbanizzato.

SCENARIO Z2a - *Zona con terreni di fondazione localmente scadenti (terreni granulari fini e/o coesivi)*

L'area di affioramento corrisponde a quella dell'unità geologica del Morenico Mindel Auct. laddove affiorano terreni compressibili e scadenti per uno spessore superficiale in genere contenuto a 3-4 m, nonché in ragione della possibilità di riscontrare localmente la presenza dei cosiddetti "occhi pollini" o "nespolini", ovvero scavarnamenti e cavità contenute all'interno dei terreni argillosi, rinvenibili più frequentemente entro i terreni appartenenti a tale unità.

Le problematiche sono connesse all'instaurarsi di fenomeni di subsidenza e/o cedimenti: tale scenario determina l'assegnazione di una **Classe di pericolosità H2** e approfondimenti di **III livello** nel caso di nuove edificazioni in area urbanizzabile o interferente con l'urbanizzato.

SCENARIO Z3a - *Zona di ciglio di scarpata subverticale con altezza $H > 10$ m*

I settori di interesse riguardano essenzialmente gli orli di scarpata al raccordo tra i terrazzi morfologici di origine glaciale e le scarpate di raccordo alla piana fluviale, nonché quelli di incisione torrentizia veri e propri. Le problematiche sono connesse ad amplificazione topografica. Tale scenario determina l'assegnazione di una **Classe di pericolosità H2** e la necessità di approfondimenti **II livello**, nel caso di nuove edificazioni in area urbanizzabile o interferente con l'urbanizzato.

SCENARIO Z3b - *Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo, appuntite e/o arrotondate*

Le zone si individuano essenzialmente in corrispondenza della linea di spartiacque al limite orientale del territorio comunale. Le problematiche sono connesse ad amplificazione topografica. Tale scenario

determina l'assegnazione di una **Classe di pericolosità H2** e la necessità di approfondimenti di **II livello** nel caso di nuove edificazioni in area urbanizzabile o interferente con l'urbanizzato.

SCENARIO Z4a - *Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi*

La zona di affioramento corrisponde al settore della piana fluviale e alluvionale dei corsi d'acqua principali (T. Lavandaia, T. Molgoretta e R. Nava), costituiti da terreni incoerenti grossolani in matrice sabbioso-limosa. Le problematiche sono connesse ad amplificazione litologica e geometrica. Lo scenario determina l'assegnazione di una **Classe di pericolosità H2** e la necessità di approfondimenti di **II livello** nel caso di nuove edificazioni in area urbanizzabile o interferente con l'urbanizzato.

SCENARIO Z4c - *Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi*

Lo scenario accorpa la coltre dei morenici del Riss Auct., molto eterogenei in superficie sotto l'aspetto della composizione litologica e granulometrica, con livelli di loess. Le problematiche sono connesse ad amplificazione litologica e geometrica. Lo scenario determina l'assegnazione di una **Classe di pericolosità H2** e la necessità di approfondimenti di **II livello** nel caso di nuove edificazioni in area urbanizzabile o interferente con l'urbanizzato.

SCENARIO Z4d - *Zona con presenza di terre rosse di origine eluvio-colluviale (paleosuoli tipo "ferretto vetusol")*

L'area di affioramento corrisponde all'unità del Fluviale Mindel Auct. presente in località Maresso (terrazzo a "ferretto", laddove è possibile rinvenire una coltre di terreno superficiale completamente argillificato dello spessore anche di 8-10 m.. Le problematiche sono connesse ad amplificazione litologica e geometrica. Lo scenario determina l'assegnazione di una **Classe di pericolosità H2** e la necessità di approfondimenti di **II livello** nel caso di nuove edificazioni in area urbanizzabile o interferente con l'urbanizzato.

SCENARIO Z5 - *Zona di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse*

L'area di affioramento corrisponde alle incisioni dei corsi idrici principali laddove affiorano alla base della scarpata termini rocciosi pre-quadernari oppure terreni conglomeratici (Ceppo Auct.) con $V_{s30} \geq 800$ m/s cui sono sovrapposti terreni glaciali dal comportamento geotecnico assai differente. Le problematiche sono connesse a comportamenti differenziali. Per lo scenario non sono necessari approfondimenti maggiori in quanto la normativa esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo. Nell'impossibilità di ottenere tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio.

FASE DI SINTESI/VALUTAZIONE

15. VINCOLI TERRITORIALI ESISTENTI

Le principali limitazioni d'uso del territorio di Missaglia derivano da normative in vigore di carattere pianificatorio-urbanistico, idrogeologico e idraulico. Esse sono state individuate ed illustrate nella cartografia riportata in Tavola 9.

15.1 Vincolo idrogeologico

Il territorio comunale è sottoposto a vincolo idrogeologico relativamente alle aree collinari e montane, istituito e normato con Regio Decreto n. 3267 del 30 dicembre 1923 "*Riordino e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani*" e ripreso nel Regio Decreto n. 1126 del 16 maggio 1926.

La sua disciplina è stata in seguito rivista e ridefinita con la L.R. n.33 del 21 giugno 1988 "*Disciplina delle zone del territorio regionale a rischio geologico*" adeguandola alle necessità attuali, pur mantenendo lo spirito originale il quale, data l'epoca, nel tempo si è rivelato assolutamente lungimirante.

Lo scopo principale del vincolo idrogeologico è quello di preservare l'ambiente fisico: non è preclusivo della possibilità di trasformazione o di nuova utilizzazione del territorio, ma mira alla tutela degli interessi pubblici e alla prevenzione del danno pubblico.

A livello comunale, l'Amministrazione comunque provvede con le proprie procedure e norme tecniche alla gestione del vincolo idrogeologico in ordine alle opere di trasformazione urbanistica ed edilizia del territorio e degli ecosistemi vegetali, che comportano movimenti di terreno o modificano il regime delle acque, attraverso la richiesta di specifica perizia geologica finalizzata a verificare l'impatto di tali opere sulla stabilità dei versanti e sul normale deflusso delle acque.

15.2 Parco di Montavecchia e Valle del Curone

Istituito con L.R. 16.9.83 e regolamentato dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (L.R. 29.4.95 n.39), interessa parte del territorio comunale relativamente al settore nord-orientale.

Le aree di pertinenza sono sottoposte ai vincoli indicati dal suddetto P.T.C.P..

In particolare l'art. 5 concerne la pianificazione urbanistica comunale per le aree esterne al perimetro del parco e specifica che le aree marginali del Parco devono essere destinate all'esercizio dell'agricoltura o mantenute a verde boschivo e non devono essere previsti nuovi insediamenti a ridosso del margine boscato.

E' necessaria la tutela delle superfici a bosco e dovrà essere prestata attenzione alle caratteristiche geomorfologiche del terreno, garantendo la stabilità dei versanti.

15.3 Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

Come premesso nel Capitolo 11, la necessità di tutelare dall'inquinamento le acque sotterranee in prossimità delle opere di captazione porta ad individuare aree di salvaguardia entro le quali applicare vincoli d'uso del territorio.

Nello specifico, relativamente al pozzo n.5 di Maresso (P2, codice PO0970490U0002) unica captazione utilizzata per la fornitura di acqua potabile, è prevista l'adozione della *zona di tutela assoluta* (ZTA) e della *zona di rispetto* (ZR), entro le quali vigono i vincoli indicati nel D.Lgs. 152/06, ripresi per comodità nelle Norme Geologiche di Piano a corredo del presente Studio Geologico (SG).

15.4 Vincoli idraulici di difesa del suolo: Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata) e P.G.R.A.

In relazione agli strumenti di *pianificazione sovraordinata*, si è proceduto a riportare nella carta dei vincoli la proposta di aggiornamento del quadro del dissesto ricostruito con la presente indagine, con legenda uniformata P.A.I.-P.G.R.A..

Si rammenta come le mappe di pericolosità e rischio del P.G.R.A. rappresentino un aggiornamento del quadro conoscitivo illustrato dagli elaborati del P.A.I..

Per la pericolosità da esondazione il P.G.R.A., in funzione del tempo di ritorno propone i seguenti scenari di pericolosità:

- ⇒ **aree P1/L** o aree potenzialmente interessate da alluvioni rare
- ⇒ **aree P2/M** o aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti
- ⇒ **aree P3/H** o aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti

Nello specifico sono state riportate le aree di frana attiva (**Fa**), quiescente (**Fq**) o stabilizzata (**Fs**) e le aree esondabili del reticolo idrico principale (RP) e minore (RSCM) contraddistinte da una pericolosità molto elevata (**Ee**), pertanto identificate dal P.G.R.A. come scenario di pericolosità P3/H "aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti", al cui interno vige una precisa normativa a cui l'Amministrazione comunale deve attenersi per definire le attività vietate o soggette a regolamentazione, stabilita dall'art.9 delle Norme di Attuazione del P.A.I.-P.G.R.A..

Il riferimento normativo indicato viene riportato per comodità di lettura delle Norme Geologiche di Piano.

Preme sottolineare come la perimetrazione delle aree inondabili proposta, di fatto rappresenta l'aggiornamento definitivo del quadro del dissesto al momento in essere in ambito comunale, costituendo la cartografia tematica di riferimento rispetto a quella pubblicata del P.G.R.A. (aggiornata al 2015).

15.5 Vincoli idraulici di difesa del suolo: Reticolo idrografico (D.G.R. n.4229 del 24 Ottobre 2015)

Lo studio di identificazione del reticolo idrografico principale e minore (S.R.I.M., Settembre 2016), parte integrante del **Documento di Piano**, è stato oggetto di apposita predisposizione da parte degli scriventi nell'ambito delle attività a corredo della stesura del presente Studio Geologico (SG).

Lo studio, condotto in conformità con la normativa vigente, è stato sviluppato in modo da definire struttura e classificazione del reticolo idrografico alla scala comunale, con lo scopo di proporre la perimetrazione delle fasce di rispetto fluviali per il reticolo minore di competenza comunale, entro le quali l'Amministrazione è tenuta ad applicare vincoli e norme di tipo urbanistico.

Il medesimo studio, al quale si rimanda per gli approfondimenti del caso, è corredato da un'apposita appendice normativa redatta in forma di articoli (Norme Attuative), riguardante i criteri di classificazione dei corsi d'acqua, le attività vietate o soggette ad autorizzazione all'interno delle fasce di rispetto fluviali e la definizione dei criteri per l'esercizio delle attività di polizia idraulica sul reticolo idrografico.

Il tracciamento delle fasce di rispetto ha tenuto conto, quale elemento valutativo fondamentale, delle problematiche connesse a potenziali fenomeni di dissesto idrogeologico-idraulico (aree esondabili), per cui è risultato imprescindibile dare priorità al mantenimento delle condizioni conservative di sicurezza idraulica in fregio al corso d'acqua.

Ne deriva un criterio di perimetrazione che prevede una distanza sistematica di 10 m dal corso d'acqua, adeguandola alla perimetrazione delle aree esondate laddove presenti, atta a garantire un sufficiente margine di sicurezza nei confronti di problematiche idrauliche, quali possibili divagazioni del corso d'acqua in occasione degli eventi di piena, accentuate dalla presenza di materiale solido trasportato e depositato in alveo.

Tale perimetrazione consente inoltre l'accessibilità al corso d'acqua per l'espletamento di tutte le necessarie attività di manutenzione, recupero e/o riqualificazione ambientale. Solo per i tratti tombinati è stata proposta una perimetrazione delle fasce di rispetto adottando una distanza di 5 m, ritenendo adeguato il dimensionamento idraulico della luce libera del manufatto o della condotta in base all'assenza di problematiche idrauliche documentate.

In riferimento alla distanza della fascia di rispetto dai corsi d'acqua, esse vanno intese come misurate dal piede arginale esterno oppure, in assenza di arginature in rilevato, dalla sommità della sponda incisa.

In sede di valutazione di progetti urbanistici limitrofi ai corsi d'acqua, tale aspetto dovrà essere preventivamente individuato in sito.

16. CARTA DI SINTESI

La Carta di Sintesi (Tavola 10) fornisce il quadro sintetico d'insieme dello stato del territorio ed è propedeutica alla redazione della carta della fattibilità geologica che stabilisce gli indirizzi definitivi di pianificazione urbanistica del territorio del Comune di Missaglia.

Trattandosi di uno studio generale, le valutazioni del rischio sono state eseguite in maniera qualitativa attraverso una valutazione "incrociata" dei dati desunti dallo studio analitico (Fase di Analisi), per cui si sottolinea come le problematiche individuate debbano necessariamente essere oggetto di verifica puntuale e di dettaglio all'atto della progettazione ed esecuzione dei singoli interventi.

Gli ambiti di pericolosità intrinseca (situazioni di criticità) evidenziati sul territorio riguardano le seguenti categorie di rischio:

- aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti;
- aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico;
- aree vulnerabili dal punto di vista idraulico;
- aree con caratteristiche geotecniche scadenti e/o di variabilità litologica.

16.1 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

16.1.1 Aree di frana attiva, quiescente e relitta o stabilizzata

I sopralluoghi effettuati hanno permesso di localizzare alcuni dissesti attivi, classificabili come frane per crollo in roccia e per scivolamento in terreni sciolti; rispettivamente coinvolgono una parete rocciosa acclive alla testata del T. Molgoretta oppure interessano la coltre di depositi superficiali eluvio-colluviali a litologia prevalentemente fine, per uno spessore massimo di 2-3 m, ubicati a ridosso delle scarpate morfologiche di raccordo tra l'orlo di terrazzo dei pianalti e la piana fluviale/alluvionale. L'innescò del cinematismo è in tal caso ascrivibile a fenomeni di erosione e scalzamento al piede ad opera dei corsi d'acqua che scorrono alla base del versante, con progressiva evoluzione sino all'arretramento della nicchia/coronamento.

Altro dissesto in terreni sciolti si individua sul versante presso l'area di via Monsignor Beretta (località Molinata), laddove è verosimile la riattivazione di una paleofrana.

Le frane quiescenti e/o relitte non hanno fornito indizi morfologici di riattivazione, ad eccezione di un piccolo movimento della coltre superficiale apprezzabile sul corpo di frana di Cascina Butto, già stabilizzato con interventi di ingegneria naturalistica.

Di recente sono stati ultimati interventi di sistemazione e messa in sicurezza di due frane attive presso Cascina Pila e Cascina Brughiera che pertanto possono considerarsi da ora classificabili come stabilizzate.

16.1.2 Aree a potenziale innesco di scivolamenti della copertura superficiale per condizioni di equilibrio limite e aree a pericolosità potenziale per crolli di blocchi di roccia

Riguardo alla prima situazione di criticità, in corrispondenza di un settore di scarpata acclive ($>30^\circ$) lungo la sponda destra del T. Lavandaia tra il campo sportivo e la zona industriale di Barriano, è palese una copertura terrigena superficiale (eluvio-colluvio) in condizioni di equilibrio precario interessata da scivolamenti di pochi metri cubi di terreno, decorticamenti, reptazione, creeping, etc., per l'azione contestuale della gravità e degli agenti fisici (acque battenti e ruscellamento superficiale), nonché conseguente a fenomeni di scalzamento al piede del pendio ad opera dell'azione erosiva della corrente fluviale. Sebbene al momento le evidenze di innesco di fenomeni erosivi siano arealmente contenute, nel complesso questi settori si devono considerare esposti ad un rischio potenziale.

Si consiglia pertanto un controllo costante dello stato dei versanti finalizzato ad evidenziare possibili attivazioni di fenomeni erosivi superficiali e, nel caso, provvedere immediatamente alla loro mitigazione in quanto il progredire del fenomeno porterà verosimilmente a smottamenti di materiali sempre più ingenti e accumulo in alveo con potenziale rischio di occlusione della sezione di deflusso.

Nella seconda situazione, si tratta di aree distanti dall'urbanizzato connesse allo sviluppo delle scarpate morfologiche principali dei contrafforti rocciosi posti a Nord (culminazioni di Molinata e pareti della cava di pietra abbandonata) e a Nord-Est (dorsale di Montevecchia), nonché in sponda sinistra del T. Molgoretta, laddove le pareti rocciose sub-verticali per condizioni di acclività, per grado di fatturazione, per assetto giaciturale e per azione degli agenti atmosferici (soprattutto crio-clastismo), possono essere potenzialmente soggette a distacco e/o crolli di singoli massi, di dimensioni comunque contenute.

16.1.3 Aree in erosione accelerata per azione delle acque superficiali e incanalate in depositi superficiali fini

Si tratta della porzione di scarpata sopra indicata tra il campo sportivo e la zona industriale di Barriano ed un'area a tergo di Cascina Butto, dove la coltre eluvio-colluviale manifesta diffusi fenomeni di erosione superficiale ad opera delle piogge battenti, espliciti essenzialmente con decorticamenti/denudamenti.

Rientrano in questa tipologia anche le direttrici lineari di erosione incanalata che si rinvergono sempre lungo le scarpate morfologiche e che presentano un progressivo approfondimento dell'incisione.

16.1.4 Aree interessate da ruscellamento superficiale diffuso

La presenza di terreni poco o nulla permeabili, che ostacolano l'infiltrazione nel sottosuolo soprattutto in associazione al rinvenimento del substrato roccioso o conglomeratico a modesta profondità, a seguito di precipitazioni meteoriche intense è in grado di generare fenomeni di ruscellamento diffuso sul suolo con imbibizione della coltre più superficiale di terreno e condizioni prodrome all'instaurarsi di fenomeni di soliflusso. Riscontri si hanno in Valle Santa Croce, sul versante in destra idrografica della Lavandaia tra il

campo sportivo e la zona industriale di Barriano, Cascina Novaglia, sui pianalti a “ferretto” a tergo di Cascina Butto e in località Ossola a Nord delle serre verso la valle del Rio Maresso e in sinistra idrografica del T. Molgoretta lungo via dei Vagoncini.

16.2 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

16.2.1 Aree con emergenze idriche

Si tratta di emergenze idriche esigue in termini di portata, che si concentrano in genere alla base dei versanti in corrispondenza del contatto litologico tra litotipi a differente permeabilità, come avviene ad esempio nell'area di Cascina Pila, a ridosso dei contrafforti rocciosi della dorsale di Montevecchia la cui ossatura è data dal Flysch di Bergamo o della Scaglia Lombarda, in relazione a lineamenti tettonici o fatturazioni che coinvolgono il substrato roccioso. Emergenze idriche puntuali contestuali alla saturazione del terreno a causa delle precipitazioni si hanno entro i depositi colluviali posti alla base del pendio in sinistra idrografica del T. Molgoretta, lungo via dei Vagoncini.

16.2.2 Aree ad elevata vulnerabilità degli acquiferi

Un aspetto molto importante ai fini della pianificazione territoriale è rivestito dalla vulnerabilità delle aree di probabile alimentazione dell'acquifero captato dal pozzo comunale di Maresso. Nel corso della fase di analisi, sulla base delle caratteristiche di permeabilità delle unità affioranti e soprattutto in ragione di una ridotta soggiacenza della falda nelle aree vallive del T. Lavandaia nel caso specifico, della R. Nava e del T. Molgoretta, è emerso come l'acquifero sia contraddistinto da una vulnerabilità alta.

A conferma di tale caratteristica è la presenza nelle acque sotterranee di alcuni contaminanti di origine antropica quali i solventi clorurati e i nitrati.

Pertanto in fase di pianificazione è indispensabile garantire la salvaguardia di tale risorsa con l'applicazione dei vincoli e delle prescrizioni di legge (cfr. Norme Geologiche di Piano), secondo la perimetrazione illustrata nella Carta dei Vincoli e di Sintesi che individua una zona di tutela assoluta con estensione di 10 m di raggio dal punto di captazione ed una zona di rispetto, definita con “criterio geometrico”, che istituisce vincoli d'uso su un'area di 200 m di raggio incentrata sul punto di captazione.

Ciò anche in attesa di una ulteriore delimitazione della zona di rispetto con criteri maggiormente connessi alle modalità di circolazione delle acque nel sottosuolo (“criterio temporale”).

16.2.3 Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese

In buona parte delle aree di fondovalle la falda freatica si rinviene a profondità comprese tra 2 e 7 m circa (località Campù, Novaglia, Molino Frattino, Molino Cattaneo, etc.).

Si segnala inoltre la saturazione della coltre eluvio-colluviale ricoprente il substrato roccioso presso la porzione basale delle culminazioni in località Molinata, aspetto favorito dai caratteri di impermeabilità del

substrato stesso; analoga situazione è palese alla base della dorsale di Montevvecchia (località valle Santa Croce, via dei Vagoncini, Cascina Pianina, etc.) dove la coltre colluviale sembra manifestare una costante circolazione idrica al contatto roccia-deposito, con completa saturazione, fenomeni di ristagno e copioso ruscellamento a seguito di precipitazioni particolarmente intense.

In corrispondenza dei pianalti mindeliani e rissiani è comune il rinvenimento di falde sospese, a carattere temporaneo e non, manifeste a Maresso, Campù, Contra e Missagliola.

16.3 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

16.3.1 Tratti di corso d'acqua instabili per fenomeni di erosione di sponda

Si tratta essenzialmente delle pertinenze fluviali in linea generale contraddistinte da alvei incassati entro terreni a componente fine talora prevalente, spesso saturi, soggetti a fenomeni di erosione di sponda, con sviluppo franamenti e/o arretramento del ciglio.

E' una tipologia di fenomeno generalizzata caratterizzante il reticolo idrografico in ambito comunale

16.3.2 Aree esondabili

Vengono considerate le pertinenze fluviali inondabili in caso di piene eccezionali o comunque contraddistinte da tempo di ritorno $Tr = 10-30$ anni (aree Ee secondo la classificazione del P.A.I. e P3/H in accordo con la pericolosità del P.G.R.A.), accorpando anche la fascia di deflusso della piena ordinaria sottesa dalle sponde incise dei corsi d'acqua nei settori a meandro (alveo di piena in senso lato). Le aree esondabili lungo il T. Lavandaia si apprezzano in località Molinata (via Resegone), presso la zona industriale di Barriano, in località Cascina Novaglia, Molino Frattino e Molino Cattaneo, mentre lungo il T. Molgoretta si localizzano in Valle Santa Croce e a valle della località Brughiera.

In linea generale sono coinvolte aree a coltivo leggermente ribassate rispetto ai terreni circostanti (antica piana di divagazione fluviale), ad eccezione del settore di via Resegone dove verrebbero interessate zone residenziali ed un'area industriale ora abbandonata.

16.3.3 Occlusione d'alveo

Lungo i corsi d'acqua sono palesi e frequenti riduzioni della sezione di deflusso ad opera di materiale sovralluvionato conseguente al trasporto solido di piena, di materiale di risulta scaricato abusivamente, di flottanti (tronchi e arbusti), di vecchie opere di difesa spondale attualmente collassate/ammalorate (muri, pannelli in cls, gabbionate, etc.), in grado di ostruire parzialmente il normale deflusso idrico, aspetto particolarmente significativo in concomitanza di eventi di piena.

E' pertanto vivamente raccomandata la manutenzione ordinaria del reticolo idrico minore (S.R.I.M.) sul quale ha competenza l'Amministrazione Comunale (attività di polizia idraulica).

16.4 Aree con caratteristiche geotecniche scadenti

Sono state considerate in questa categoria le problematiche geologiche in grado di interagire con il sistema manufatto-terreno di fondazione, che pertanto influenzano gli indirizzi tecnico-progettuali per la realizzazione delle opere edili.

16.4.1 Aree con possibili fenomeni di ristagno delle acque superficiali

Interessano le pertinenze del T. Molgoretta in sinistra idrografica lungo via dei Vagoncini e la porzione di pianalto in località Ossola, a Nord-Est delle serre.

Il ristagno delle acque di ruscellamento superficiale si deve ad una morfologia moderatamente depressa contestuale alla presenza di terreni a permeabilità bassa o nulla (drenaggio assente), con conseguente modificazione dei caratteri geotecnici dei terreni per fenomeni di imbibizione ciclica. In tale contesto va ricordato che le sistemazioni superficiali del suolo mediante scavi, riporti e pratiche agricole, possono modificare la morfologia dei luoghi e variare le condizioni locali di drenaggio delle acque superficiali alla scala locale e favorire fenomeni di tale tipologia.

16.4.2 Aree prevalentemente limoso-argillose con limitate caratteristiche geotecniche

Si tratta del settore di affioramento dei termini glaciali e fluviali del Mindel-Riss Auct., la cui litozona superficiale ("spessore di interesse geotecnico") è costituita per uno spessore variabile da 3 a 10 m circa di terreni pedogenizzati a prevalente litologia limoso-argillosa; il peggioramento delle caratteristiche geotecniche viene incrementato qualora il terreno venga portato a saturazione ad esempio per abbondanti precipitazioni, caso in cui il terreno modifica la propria consistenza e diviene prossimo al rammollimento.

In fase progettuale dovranno essere preventivamente valutati tutti gli accorgimenti tecnici atti a preservare i manufatti da possibili cedimenti differenziali del terreno sotto carico indotto, anche su estensioni areali limitate.

16.4.3 Aree con consistenti disomogeneità tessiturali laterali e verticali

Si tratta dei settori di pertinenza dei cosiddetti "occhi pollini" che si possono rinvenire con maggiore frequenza entro i terreni del Mindel Auct.. Essi sono caratterizzati da scavarnamenti e cavità rinvenibili a profondità variabile tra 3 e 10 m che si originano a seguito di fenomeni d'alterazione e di soluzione ad opera delle acque di percolazione; tali strutture risultano particolarmente pericolose per la stabilità dei manufatti, soprattutto se rinvenuti superficialmente, in ragione della loro volumetria che può raggiungere diverse decine di metri cubi.

La precisa individuazione della presenza e della posizione degli "occhi pollini" è difficoltosa visto il carattere casuale della distribuzione e del range di profondità nel sottosuolo. Si rimanda comunque

all'esecuzione di un congruo di prove geotecniche di approfondimento in caso di realizzazione di manufatti anche di modesta volumetria ricadenti in area pertinente le suddette unità geologiche, al fine di selezionare la tipologia delle fondazioni e il loro dimensionamento, nonché la predisposizione di interventi mitigativi.

16.4.4 Aree con riporto di materiale

Si individua in sinistra idrografica del T. Lavandaia nel tratto poco a valle della località Molinata in corrispondenza della vecchia area di espansione industriale.

Sono stati conferiti materiali di riporto per regolarizzare la superficie topografica e disporre di conseguenza di superfici maggiormente fruibili sino alla sponda del corso d'acqua; sotto l'aspetto geotecnico ciò implica condizioni di addensamento del riporto e conseguentemente di portanza del tutto eterogenee anche alla scala strettamente locale, potenzialmente soggette a cedimento sotto carico indotto.

Non è nota la qualità dei materiali utilizzati per queste sistemazioni.

In conclusione si sottolinea che riguardo alle problematiche emerse e nella necessità di individuare e valutare gli interventi mitigativi dello stato di dissesto accertato, l'Amministrazione Comunale potrà far riferimento al documento in suo possesso "*Indagini geologiche, geomorfologiche e idrologiche di alcuni ambiti territoriali che hanno manifestato criticità ai fini della loro messa in sicurezza*" (EG Engineering Geology, Aprile 2016), con cui è stata effettuata la mappatura dello stato di maggiore dissesto, inquadrata la causa ed avanzata una proposta tecnico-operativa circa le soluzioni progettuali più consone da intraprendersi (Appendice A).

16.5 Produttori reali e potenziali di inquinamento

Sulla Carta di Sintesi di Tavola 10, per la difficoltà di riportare i graficismi alla scala proposta, non sono stati indicati i potenziali centri di pericolo.

In ambito comunale non insistono insediamenti a rischio di incidente rilevante (I.R.I.R.), definite ai sensi del D.Lgs 334/99; i centri di pericolo vanno pertanto essenzialmente ricercati nella piattaforma ecologica comunale, nell'area cimiteriale, in eventuali scarichi comunali in corso d'acqua, in alcune attività (artigianali, industriali, commerciali) che utilizzano sostanze potenzialmente pericolose e nelle attività ricomprese all'interno delle zone di salvaguardia dei punti di approvvigionamento potabile.

Anche i principali collettori di rete fognaria rientrano in questa categoria; in tal senso si fa evidenziare come tutta l'area urbana o assimilabile è allacciata alla rete fognaria.

Per quanto concerne la zona di rispetto del pozzo comunale (pozzo n.5 di Maresso, indicato con P2 nella Tavola 5), essa ricade sostanzialmente in area agricola che può indurre interferenze qualitative con il regime delle acque emunte e vede inoltre la presenza in posizione limitrofa dell'agglomerato rurale di Molino Frattino, peraltro allacciato alla rete di pubblica fognatura.

Per quanto riguarda le attività industriali che hanno determinato nel passato (o ancora oggi sono responsabili) di un impatto negativo sulla falda per la presenza in particolare di composti organo-alogenati (nello specifico Tetracloroetilene e Triclorometano) si fa evidenziare come nella relazione conclusiva, datata marzo 2015, dello studio condotto da ARPA nell'ambito del progetto "Interventi per la definizione del plume di contaminazione da solventi clorurati in comune di Missaglia" finanziato con DGR 23.05.2010 n. IX/3510, si riporta come non sia ancora possibile al momento individuare con precisione l'area di provenienza delle contaminazioni che si originano nel territorio di Missaglia e che vengono attualmente (cfr. campagne idrochimiche di dettaglio condotte da ARPA nei mesi di luglio e dicembre 2014) ancora identificate nel settore di fondovalle del T. Lavandaia compreso all'incirca tra il nuovo piezometro denominato Pz2 a Nord (ubicato in Via I Maggio in corrispondenza dell'area ecologica comunale) e i pozzi privati Azienda Agricola Brivio (P22) e il pozzo pubblico n.5 Maresso (P2), a Sud, in località Maresso (cfr. ubicazione punti di monitoraggio in Tavola 5).

FASE DI PROPOSTA

17. CARTA DELLA FATTIBILITA' E DELLE AZIONI DI PIANO

Al fine di fornire dei criteri applicativi mirati ad individuare la compatibilità degli interventi previsti dallo strumento urbanistico, è stata redatta la carta della fattibilità geologica per le azioni di piano, che ha valenza di carta della pericolosità.

L'elaborato è stato redatto dalla sintesi dei fattori geologico-geomorfologici, geotecnici, idrogeologici ed idraulici, nonché degli elementi di carattere territoriale sussistenti per l'area comunale che sono in grado di generare nell'immediato condizioni di rischio per il territorio o per le opere.

Gli elementi e le indicazioni acquisiti in ordine alle limitazioni e alle destinazioni d'uso del territorio, permettono di indirizzare interventi, studi e indagini necessari per eventuali approfondimenti e individuare anche misure mitigative del rischio.

Lo sviluppo areale delle classi di fattibilità viene illustrato dalle Tavole 11A÷D restituite alla scala 1:2.000, utilizzando il rilievo aerofotogrammetrico comunale adottato per le Fasi di Analisi e di Sintesi/Valutazione. Il medesimo elaborato è stato anche restituito anche alla scala 1:10.000 con base topografica della Carta Tecnica Regionale (Tavola 12)

Si ricorda che la definizione delle classi di fattibilità costituisce il frutto di valutazioni con validità a carattere generale, per cui i limiti territoriali tra le differenti zonazioni proposte non devono essere considerati come elementi assoluti ed irremovibili, bensì come aree transizionali per le quali il grado di fattibilità intrinseco dipenderà in modo sostanziale dalle condizioni geologiche rilevabili attraverso l'esecuzione delle indagini puntuali suggerite nelle Norme Geologiche di Piano.

Si ricorda a tal proposito che le indagini territoriali di carattere geotecnico proposte ai fini dell'indagine, assumono un significato puramente preliminare in quanto a carattere strettamente puntuale, pertanto non dovranno e non potranno essere considerate sostitutive di indagini geognostiche mirate, necessarie ai fini della realizzazione delle singole tipologie edificatorie.

17.1 Definizione delle classi di fattibilità

Il procedimento adottato per la definizione delle classi di fattibilità è conforme ai contenuti della D.G.R. D.G.R. n.IX/2616 del 30/11/2011, "*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art.57 della L.R. 11 marzo 2005, n.12*".

L'attribuzione della classe di fattibilità è stata effettuata definendo preventivamente un "valore di ingresso" desunto dalla sintesi degli elementi di carattere territoriale-ambientale e vincolistico.

Il valore di ingresso è contemplato nelle "Indicazioni per l'attribuzione delle classi di fattibilità - Tabella 1: Classi di ingresso", contenute nella normativa di riferimento nelle sezioni relative alle "*Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti*", "*Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico*", "*Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico*", "*Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche*".

Nella fattispecie, per quei settori nei quali sono state accertate condizioni di rischio potenziale, il valore attribuito è interessato all'individuazione, in parte o totalmente, delle seguenti prerogative:

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

- | | |
|---|-----------------------------|
| a) aree di frana attiva e quiescente | <i>valore di ingresso 4</i> |
| b) aree a pericolosità potenziale per crolli causa la presenza roccia fratturata | <i>valore di ingresso 4</i> |
| c) aree in erosione accelerata (ruscellamento, creeping, soliflusso) in depositi superficiali finì dalle caratteristiche geotecniche scadenti su pendii acclivi | <i>valore di ingresso 4</i> |
| d) aree a pericolosità potenziale predisposte al dissesto e ad evoluzione morfodinamica per elevata acclività | <i>valore di ingresso 3</i> |

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

- | | |
|---|-----------------------------|
| a) aree con emergenze idriche localizzate in caso di forti precipitazioni, interessata da fenomeni di ruscellamento superficiale e incanalato | <i>valore di ingresso 4</i> |
| b) aree a bassa soggiacenza della falda | <i>valore di ingresso 3</i> |
| c) aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero | <i>valore di ingresso 3</i> |

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

- | | |
|---|-----------------------------|
| a) aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili, indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20-50 anni, interessate da erosione spondale e/o aree adiacenti ai corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione | <i>valore di ingresso 4</i> |
|---|-----------------------------|

Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

- | | |
|---|-----------------------------|
| a) aree di possibile ristagno | <i>valore di ingresso 3</i> |
| b) aree prevalentemente limoso-argillose con limitata capacità portante | <i>valore di ingresso 3</i> |
| c) aree con consistenti disomogeneità tessiture verticali e laterali | <i>valore di ingresso 3</i> |
| d) aree con riporto di materiale | <i>valore di ingresso 3</i> |

Si sottolinea che gli interventi di previsione urbanistica ricadenti entro le zone di rispetto dei pozzi idropotabili (ZR) sono regolamentati dalla classe di appartenenza desunta dalla caratterizzazione geologica specifica, avendo valenza prioritaria l'aspetto territoriale.

Sarà sempre necessario redigere una relazione tecnica di conformità ai sensi della D.G.R. n.7/12693 del 10 Aprile 2003 (*"Direttive per la disciplina dell'attività all'interno delle aree di rispetto"* del Art. 94 comma 4 del D.Lgs. 152/06), con la quale andranno messe in luce tutte le problematiche di carattere idrogeologico ed ambientale di potenziale impatto sulla risorsa idrica sotterranea, proponendo eventuali soluzioni mitigative e fornendo prescrizioni circa le corrette operazioni di cantiere.

17.2 Classi di fattibilità geologica

Classe 3 – Fattibilità con consistenti limitazioni

Accorpa tutte quelle zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso del territorio, a seguito dell'entità e della natura dei rischi individuati.

La definizione della classe di fattibilità è subordinata al riscontro di problematiche inerenti il dissesto idrogeologico (evoluzione geomorfologica accelerata) che dipendono sostanzialmente dai caratteri geotecnici e/o geomeccanici dei terreni e/o dei litotipi presenti, dall'assetto morfologico (acclività), dagli aspetti connessi con le problematiche idrogeologiche quali la tutela della risorsa idrica e condizioni di potenziale interferenza del livello freatico o di livelli di saturazione (falde sospese) con le fondazioni o gli interrati.

Si delincono pertanto le seguenti sottoclassi:

Classe 3a – accorpa *aree a bassa soggiacenza della falda e ad elevata vulnerabilità dell'acquifero*

Si tratta delle porzioni sub-pianeggianti della piana fluviale e alluvionale dei corsi d'acqua principali interessate da bassa soggiacenza della falda.

Morfologia: sub-pianeggiante.

Litologie: sabbioso-ghiaioso-limose e localmente ciottolose, con matrice limoso-sabbiosa e argillosa.

Idrogeologia: bassa soggiacenza della falda, soggetta ad escursioni stagionali in funzione del regime di precipitazioni. Assenza di livelli superficiali francamente impermeabili e continui in senso laterale in grado di ostacolare l'infiltrazione di eventuali inquinanti.

Geotecnica: struttura caratterizzata da parametri geotecnici alquanto variabili in ragione della litologia che contraddistingue i depositi fluviali e alluvionali affioranti e/o presenti nel primo sottosuolo. Si hanno requisiti geotecnici modesti con l'aggravante che la saturazione del terreno comporta un decremento dei parametri geotecnici, difficoltà di drenaggio verso il sottosuolo e possibile interferenza idraulica con piani interrati o strutture di fondazione.

Idraulica: fenomeni di esondazione nel reticolo idrografico e principale.

Vincoli: riscontro delle fasce di rispetto fluviali del reticolo idrografico. Aree di salvaguardia del pozzo Maresso presso Molino Frattino.

Classe 3b – comprende le *aree soggette a ristagno*

Riguardano un settore lungo via dei Vagoncini prossimo a Cascina Pianetta e un'ampia area insistente sul pianalto morfologico a "ferretto" presso Ossola, a NordEst delle serre, laddove pervengono e si accumulano consistenti volumi idrici a seguito del ruscellamento superficiale su terreni impermeabili leggermente digradanti in tale direzione.

Morfologia: sub-pianeggiante, acclive sulla scarpata di raccordo con la prospiciente vallata del R. Frattino.

Litologie: terreni limoso-argillosi superficiali di spessore elevato (ferretto “vetusol”).

Idrogeologia: possibile presenza di falde sospese.

Geotecnica: struttura caratterizzata da parametri geotecnici scadenti in ragione del prevalere di litologie fini, soggette a fenomeni di compressibilità, e possibile presenza di “occhi pollini”.

Idraulica: fenomeni di ristagno in occasione di abbondanti precipitazioni. T. Molgoretta prossimo all’area lungo via dei Vagoncini, reticolo idrico assente sul pianalto di Ossola.

Vincoli: vicinanze alla fascia di rispetto fluviale del T. Molgoretta per il settore lungo via dei Vagoncini.

Classe 3c – *accorpa aree potenzialmente predisposte al dissesto della coltre superficiale e/o di porzioni di ammasso roccioso, e ad evoluzione geomorfologica accelerata per condizioni di elevata acclività.*

Si tratta dei settori di versante più acclivi di raccordo al crinale (dossi di Molinata e dorsale di Montevecchia) contraddistinti da una sottile coltre superficiale sabbiosa e sabbioso-limosa (eluvio-colluvio) ricoprente il substrato roccioso, avente parametri geotecnici scarsi, potenzialmente soggetti ad innesco di dissesti in forma di colata detritica per azione della gravità qualora soggetti a saturazione (superamento dell’equilibrio limite).

Morfologia: pendenze >25°.

Litologie: incoerenti con percentuale variabile di matrice fine.

Idrogeologia: possibile saturazione del deposito alla scala strettamente locale al contatto con il substrato roccioso .

Geotecnica-geomeccanica: struttura eterogenea dei terreni e caratteri geomeccanici del substrato rocciosi variabili in funzione dell’alterazione superficiale (spessore della “regolite”), del grado di fratturazione soprattutto per le bancate a stratificazione sottile a componente marnosa erodibile e dell’orientazione e inclinazione della stratificazione.

Idraulica: nessuna particolare problematica.

Vincoli: fasce di rispetto fluviali del reticolo idrografico minore.

Classe 3d – *accorpa aree prevalentemente limoso-argillose con limitata capacità portante.*

Si tratta dei settori di pianalto di origine morenica e/o fluvioglaciale del Mindel-Riss Auct. contraddistinti da una spessa coltre superficiale limoso-argillosa a “ferretto”, nonché le aree di affioramento della coltre eluvio-colluviale, contraddistinte da parametri geotecnici in linea generale da scarsi a modesti ed assai variabili localmente, potenzialmente compressibile sotto carico indotto. I caratteri litologici favoriscono la possibilità dell’instaurarsi di fenomeni di erosione incanalata e ruscellamento diffuso sui pianalti e dissesti lungo la scarpata che evolvono in colate gravitative con arretramento progressivo della nicchia/coronamento, nonché franamenti al ciglio causati dalla perdita dei requisiti geotecnici per imbibizione o fenomeni di scalzamento alla base per effetto della gravità.

Morfologia: collinare, da blandamente ondulata a sub-pianeggiante, acclive lungo le incisioni dei corsi d'acqua e a ridosso della scarpata di raccordo con la sottostante piana fluviale-alluvionale.

Litologie: prevalentemente coesive.

Idrogeologia: possibile presenza di falde sospese e saturazione del deposito al contatto con il substrato roccioso nelle aree al piede dei versanti.

Geotecnica-geomeccanica: struttura alquanto eterogenea dei terreni in senso laterale e verticale. Possibile riscontro di cavità sotterranee.

Idraulica: si possono escludere fenomeni di esondazione da parte del reticolo idrografico minore che si imposta in genere entro vallecole che incidono marcatamente il profilo topografico.

Vincoli: riscontro delle fasce di rispetto fluviali del reticolo idrografico.

Classe 3e – *accorpa aree con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali.*

Si tratta dell'area interessata dall'affioramento dei terreni del Morenico Mindel Auct. (pianalto a "ferretto" di Ossola), laddove entro una profondità compresa tra 3 e 10 m dal p.c. sono stati rinvenuti localmente e con assoluta casualità cavità ascrivibili ai cosiddetti "occhi pollini"; non si esclude la loro presenza anche in ambito dei terreni del Fluviale del Mindel Auct. sul pianalto di Maresso.

Morfologia: collinare, da blandamente ondulata a sub-pianeggiante, acclive lungo le incisioni dei corsi d'acqua e a ridosso della scarpata di raccordo con la sottostante piana fluviale-alluvionale.

Litologie: prevalentemente coesive in subordine incoerenti, comunque in matrice fine.

Idrogeologia: possibile presenza di falde sospese.

Geotecnica-geomeccanica: struttura eterogenea lateralmente e in verticale. Possibile riscontro di cavità sotterranee.

Idraulica: si possono escludere fenomeni di esondazione da parte del reticolo idrografico minore che si imposta in genere entro vallecole che incidono marcatamente il profilo topografico.

Vincoli: riscontro delle fasce di rispetto fluviali del reticolo idrografico.

Classe 3f – *accorpa aree con riporto di materiale*

Si tratta dell'area relativa alla vecchia area industriale in fregio al T. Lavandaia, poco a Sud della frazione Molinata, dove è stato conferito al tempo materiale di riporto per regolarizzare il profilo topografico sino a ridosso del torrente. Non è nota la qualità dei materiali di riporto utilizzati.

Morfologia: sub-pianeggiante.

Litologie: prevalentemente medio-grossolane.

Idrogeologia: falda avente soggiacenza prossima a 5 m, soggetta a oscillazioni in funzione del regime delle precipitazioni.

Geotecnica: estrema eterogeneità litologica, tessitura e di addensamento in senso laterale e verticale del terreno conferito.

Idraulica: possibili esondazioni per tracimazione arginale del T. Lavandaia.

Vincoli: fascia di rispetto fluviale di 10 m dal ciglio arginale del T. Lavandaia.

Classe 4 – Fattibilità con gravi limitazioni

La definizione della classe di fattibilità è la diretta conseguenza del riscontro di problematiche connesse ai seguenti aspetti limitativi alla trasformazione dei luoghi:

1. Dinamica in atto dell'assetto geologico (evoluzione geomorfologica accelerata del rilievo) o riattivabile a cicli brevi, che si esplica attraverso crolli di singoli blocchi di roccia (ricomprendendo anche l'ex area di cava), frane attive e quiescenti o stabilizzate, smottamenti etc.. Vengono accorpate anche le aree in erosione accelerata interessate da fenomeni di ruscellamento, creeping e soliflusso in depositi superficiali fin dalle caratteristiche geotecniche scadenti su pendii acclivi (versante in destra idrografica del T. Lavandaia tra il campo sportivo e la zona industriale di Barriano).
2. Fenomeni saturazione del terreno eluvio-colluviale a debolissima profondità con emergenze idriche puntuali in occasione di precipitazioni abbondanti e comunque condizioni di ruscellamento superficiale e incanalato diffusi. Interessano il settore allungato lungo il T. Molgoretta in sinistra idrografica, a partire all'incirca dal ponte presso la vecchia fornace, lungo via dei Vagoncini.
3. Problematiche di carattere idraulico legate alla dinamica fluviale e torrentizia quali esondazioni e fenomenologie legate ad erosione al fondo e di sponda dei corsi d'acqua.
4. Presenza di vincoli d'uso del suolo quali le zone di tutela assoluta delle captazioni idropotabili e le fasce di rispetto del reticolo idrico. Queste ultime sono state perimetrare in accordo alla normativa vigente considerando anche lo sviluppo delle aree storicamente soggette ad esondazioni e/o interessabili da fenomeni erosivi e di divagazione dell'alveo, fatta salva la necessità di garantire una fascia di rispetto sufficiente a consentire l'accessibilità al corso d'acqua ai fini della sua manutenzione, fruizione e riqualificazione ambientale.

Le delimitazioni proposte accorpano pertanto tutti i settori per i quali sono state riscontrate gravi limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso, tali da comportare, a seguito dell'entità e della natura dei rischi individuati, l'esclusione di qualsiasi nuova edificazione (inedificabilità assoluta).

Fanno eccezione gli interventi di regimazione idraulica e quelli mirati alla realizzazione di opere di sistemazione idrogeologica.

Per gli edifici esistenti saranno consentiti gli interventi di ristrutturazione e consolidamento così come definiti dall'art.3 del D.P.R. n.380 del 2001 e s.m.i..

Per la casistica delle tipologie di dissesti accertate non sussiste la possibilità di una declassazione delle aree ricadenti in Classe 4 di fattibilità (cfr. Tabella 1: "Classi di ingresso" della D.G.R. n.IX/2616).

La caratterizzazione territoriale ha fornito i seguenti elementi:

Morfologia: da acclive a molto acclive per le aree montane in dissesto, sub-pianeggiante per le aree di fondovalle.

Litologie: terreni in genere da incoerenti (sabbie, ghiaie, ciottoli) a coesivi (limi-argillosi) tuttavia da considerarsi eterogenei sotto l'aspetto geometrico e tessiturale, substrato roccioso da subaffiorante

ad affiorante sui versanti. moderatamente fratturato, in genere di mediocre qualità secondo le classificazioni dell'ammasso.

Idrogeologia: acquifero captato per uso idropotabile avente vulnerabilità alta in corrispondenza dei settori vallivi, con ridotta soggiacenza del livello piezometrico. Terreni saturi alla base del versante della dorsale di Montevecchia lungo via dei Vagoncini a partire dal ponte della vecchia fornace. Fenomeni di ruscellamento superficiale e incanalato.

Geotecnica: struttura eterogenea dei terreni e delle rocce, in quest'ultimo caso connessa ad implicazioni tettoniche e strutturali (zone di dislocazione e fratturazione, zone cataclastiche, etc.) sulle quali notevole influenza ha l'azione degli agenti atmosferici (erosione superficiale, denudamenti di terreno o roccia per scivolamenti o crolli, etc.). Decremento dei parametri geotecnici laddove il terreno è staturo.

Idraulica: allagamenti connessi a fenomeni di esondazione localizzate all'alveo di piena inciso dei corsi d'acqua e/o alla piana alluvionale antica e recente, fenomeni di sovralluvionamento per trasporto solido, occlusione d'alveo causa detriti e presenza di flottanti. Generalizzato dissesto lungo i corsi d'acqua ad interessare il ciglio della scarpata che limita l'alveo di piena, che si esplica con scalzamento alla base ad opera della corrente ed evoluzione con arretramento e/o franamento del ciglio medesimo, aspetto acuito dalla litologia fine prevalente dei terreni.

Vincoli: inedificabilità assoluta per le aree elencate.

17.3 Accorgimenti in fase esecutiva per tutti gli interventi urbanistici

La realizzazione di qualsiasi intervento urbanistico dovrà prevedere i seguenti accorgimenti:

- a) allo scopo di evitare l'eventuale allagamento degli scavi, il drenaggio delle acque dovrà avvenire in modo controllato al fine di scongiurare possibili effetti negativi sulla stabilità degli edifici limitrofi;
- b) durante la predisposizione degli scavi in terreno o roccia, si dovrà assicurare la stabilità dei medesimi, quella delle strutture in adiacenza nonché del sistema viario (urbano e agroforestale).

RACCORDO CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA: AGGIORNAMENTO ELABORATO 2 DEL P.A.I.

18. AGGIORNAMENTO DEL QUADRO DI DISSESTO

Il Comune di Missaglia, in adempimento all'art.18 delle Norme di Attuazione del Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), alla luce dei rilievi a corredo della Fase di Analisi e delle modifiche relative allo stato di dissesto individuate nel presente studio (cfr. Capitolo 13 "Evoluzione geomorfologica accelerata del territorio" e alla cartografia di Tavola 7 - Fase di analisi: Carta geomorfologica e del dissesto), è tenuto alla predisposizione di una Carta del Dissesto con legenda uniformata a quella del P.A.I.-P.G.R.A., in modo da permettere alla competente struttura Regionale l'aggiornamento del proprio inventario dei fenomeni franosi. Il quadro del dissesto proposto con relativa legenda uniformata a quella del P.A.I.-P.G.R.A. è illustrato nella Tavola 13. Come già anticipato, il quadro del dissesto idrogeologico proposto costituisce di fatto l'aggiornamento definitivo della problematica per il Comune di Missaglia, con particolare riguardo alla cartografia tematica della pericolosità da esondazioni illustrata nelle relative carte tematiche del P.G.R.A.. Per il dettaglio dei singoli dissesti di tipo gravitativo si rimanda alle schede dell'Allegato 6 (schede censimento frane) e alle schede monografiche dell'Appendice A che illustrano lo stato di fatto relativamente alle problematiche individuate lungo i corsi d'acqua principali, per le quali sono state inquadrate la cause ed avanzate soluzioni progettuali per la loro messa in sicurezza.

La relativa legenda, riportata anche sulla Carta dei Vincoli (Tavola 9) illustra le aree in cui dovranno essere applicati i vincoli dell'art.9 delle N.d.A. del Piano, unitamente alla correlazione tra voci legenda P.A.I.-P.G.R.A., Classi di Pericolosità e Classi di Fattibilità Geologica.

ATTUAZIONE DEL P.A.I. IN AMBITO DI PIANIFICAZIONE DELL'EMERGENZA

19. SCENARIO DEL RISCHIO ALLUVIONI DELLE AREE EDIFICATE

IL Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (P.G.R.A.), nell'ottica di ridurre le conseguenze negative derivanti dalle alluvioni per salute umana, territorio, beni, ambiente, patrimonio culturale e attività economiche e sociali, ha come finalità l'individuazione/stima del grado di rischio al quale sono esposti gli elementi che ricadono entro le aree potenzialmente esposte a pericolosità per alluvioni, in modo da inquadrare e proporre le misure per ridurre il rischio medesimo, suddivise in misure di prevenzione, protezione, preparazione, ritorno alla normalità ed analisi, da attuarsi in maniera integrata.

Pertanto si innesca un processo di verifica ed aggiornamento dei Piani di Emergenza Comunali di Protezione Civile, che devono essere coordinati con il PGT, secondo le norme vigenti in materia.

Alla luce della delimitazione definitiva delle aree allagabili del reticolo idrico principale e minore e della loro pericolosità intrinseca definita in sede di fase di analisi dell'intero territorio comunale, l'incrocio con gli elementi e categorie esposti (numero di persone, estensione aree edificate, presenza di industrie, di beni archeologici, etc.) mappati alla scala comunale, ha permesso di redarre la Tavola 14 – Delimitazione delle classi di rischio degli elementi esposti.

Da tale tavola emerge come sul territorio comunale di Missaglia via siano aree attribuibili a quattro gradi di rischio crescente:

R1 ⇒ rischio moderato

R2 ⇒ rischio medio

R3 ⇒ rischio elevato

R4 ⇒ rischio molto elevato

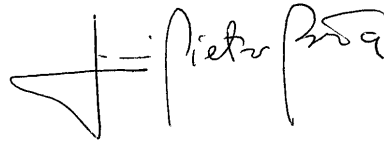
In accordo con la normativa regionale di attuazione del P.G.R.A. (D.G.R. X/6738 del 19 giugno 2017) l'amministrazione comunale sarà tenuta a condurre un'analisi di maggior dettaglio circa le condizioni di pericolosità e di rischio a scala locale, nelle aree contraddistinte dalla classe di rischio R4, seguendo le metodologie riportate negli Allegati alla D.G.R. IX/2616/2011 di riferimento per l'ambito territoriale RSCM. Sempre nell'ottica di un aggiornamento dei Piani di Emergenza Comunali di Protezione Civile, la valutazione ha le seguenti finalità:

- individuare la necessità di mettere in opera interventi locali di riduzione del rischio (della vulnerabilità, dell'esposizione o di entrambe) nonché di ripristino provvisorio delle condizioni di sicurezza degli edifici esistenti e prioritariamente sulle infrastrutture per la gestione dell'emergenza, in particolare centri di coordinamento, aree di emergenza e viabilità di collegamento, così come risultanti dalla pianificazione di emergenza vigente;
- guidare, attraverso idonee prescrizioni costruttive ed edilizie, le ulteriori trasformazioni urbanistiche in modo che non subiscano danni significativi in caso di evento alluvionale;

- individuare le aree ove favorire la delocalizzazione degli insediamenti esistenti anche prevedendo forme di perequazione, compensazione e incentivazione;
- individuare le aree da assoggettare a eventuali piani di demolizione degli insediamenti esistenti e di rinaturalizzazione;
- definire specifici scenari di rischio e relativi modelli d'intervento nel Piano di Emergenza Comunale ai fini della salvaguardia della popolazione esposta al rischio alluvione;
- supportare l'amministrazione stessa nell'individuazione degli ambiti di esclusione dall'applicazione della l.r. 10 marzo 2017, n. 7 "Recupero dei vani e locali seminterrati esistenti"(cfr. art. 4).

EG Engineering Geology

Prof. dr. geol. Giovanni Pietro Beretta



dr. geol. Monica Avanzini



Collaboratori:

dr. geol. Raffaele Boninsegni

dr. geol. Luca Laveni