



Comune di **MAGHERNO** Provincia di Pavia  
**PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**

**COMPONENTE GEOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA**

L.R. 11 marzo 2005 n°12 - art. 57, lettera a), comma 1; D.G.R. 28 maggio 2008 n°8/7374



**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

**Sindaco**  
Geom. ALBERTO PUCE

**Il Professionista incaricato**  
Dott. Geol. DANIELE CALVI

**Segretario Comunale**  
Dott.ssa ROSA CASTRO

**dicembre 2008**

## INDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
1.1	OGGETTO DELLO STUDIO .....	1
1.2	DOCUMENTAZIONE REALIZZATA .....	1
1.3	DOCUMENTAZIONE UTILIZZATA .....	3
1.4	ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO .....	4
<b>2.</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E CLIMATICO .....</b>	<b>6</b>
2.1	CARATTERIZZAZIONE FISIOGRAFICA .....	6
2.2	UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE AFFIORANTI .....	7
2.3	GEOLOGIA DEL SOTTOSUOLO .....	8
2.4	ASSETTO GEOLOGICO – STRUTTURALE .....	9
2.5	GEOMORFOLOGIA .....	10
2.6	ASPETTI PEDOLOGICI E DI USO DEL SUOLO .....	10
2.7	CLIMATOLOGIA .....	12
<b>3.</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>14</b>
3.1	IDROGRAFIA SUPERFICIALE .....	14
3.2	DETERMINAZIONE DEL RETICOLO IDRICO PRINCIPALE E MINORE .....	16
3.3	CARATTERIZZAZIONE IDRAULICA DEL FIUME LAMBRO MERIDIONALE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO COMUNALE DI MAGHERNO .....	18
3.4	IDROGRAFIA SOTTERRANEA .....	19
	3.4.1 Assetto idrogeologico generale dell'area .....	19
	3.4.2 Struttura idrogeologica di dettaglio .....	20
3.5	CLASSI DI PERMEABILITÀ .....	21
3.6	VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO SFRUTTATO AD USO IDROPOTABILE .....	23
<b>4.</b>	<b>ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO FINALIZZATE ALLA DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE SISMICA NEI PIANI DI GOVERNO DEL TERRITORIO .....</b>	<b>27</b>
4.1	PREMESSA .....	27
	4.1.1 Pericolosità, vulnerabilità e rischio .....	29
4.2	INFORMAZIONI RELATIVE ALLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO COMUNALE DI MAGHERNO ...	34
	4.2.1 Dati storici .....	34
	4.2.2 Database Macrosismico Italiano 2004 (DBMI04) – Estrazione dei dati .....	36

4.3	QUADRO NORMATIVO NAZIONALE E REGIONALE .....	40
4.3.1	Azione sismica – Categoria di sottosuolo .....	42
4.3.2	Azione sismica – Zone sismiche .....	43
4.4	METODOLOGIA UTILIZZATA PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI SISMICI DI SITO .....	45
4.5	VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE DEL TERRITORIO COMUNALE DI MAGHERNO SECONDO LE INDICAZIONE DELLE D.G.R. 22 DICEMBRE 2005, N°8/1566	48
5.	CARATTERISTICHE GEOLOGICO – APPLICATIVE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO .....	51
5.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE .....	51
5.2	CAPACITÀ PROTETTIVA DEI SUOLI NEI CONFRONTI DELLE ACQUE PROFONDE .....	53
6.	ZONAZIONE DEL TERRITORIO – METODOLOGIA UTILIZZATA .....	54
6.1	CARATTERISTICHE DI VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI .....	54
6.2	INDIVIDUAZIONE DELLE AREE OMOGENEE DAL PUNTO DI VISTA DELLA PERICOLOSITÀ / VULNERABILITÀ RIFERITA ALLO SPECIFICO FENOMENO CHE LE GENERA .....	55
6.3	ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI DI INGRESSO .....	56

## FIGURE IN TESTO

Fig. 1	<i>Inquadramento dell'area nel sistema cartografico regionale</i>	6
Fig. 2	<i>Sequenza litologica della scarpata di scavo posta in corrispondenza dell'Ambito Estrattivo "C101 / g101 / PV" del P.C.P</i>	8
Fig. 3	<i>Diagramma di Bagnols e Gaussen. Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni per la stazione di Pavia, da ERSAL, 1996 - I SUOLI DEL PARCO DEL TICINO SETTORE MERIDIONALE -</i>	13
Fig. 4	<i>La Roggia Colombana nei pressi di Magherno</i>	15
Fig. 5	<i>Il Lambro Meridionale in Comune di Magherno</i>	16
Fig. 6	<i>Tabella comparativa Grado Richter – Grado M.C.S.</i>	28
Fig. 7	<i>Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV, aprile 2004)</i>	30
Fig. 8	<i>Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale. - Dettaglio per la Regione Lombardia (INGV, aprile 2004)</i>	31
Fig. 9	<i>Massime intensità Macrosismiche osservate in Italia (Fonte I.N.G.V.)</i>	35
Fig. 10	<i>Massime intensità macrosismiche registrate in Lombardia (fonte INGV)</i>	36
Fig. 11a	<i>Elenco dei terremoti in cui risulta citata la località di Corteolona (PV)</i>	37
Fig. 11b	<i>Elenco dei terremoti in cui risulta citata la località di Chignolo Po (PV)</i>	37
Fig. 12	<i>Zonazione sismogenetica ZS9 (da Rapporto conclusivo del Gruppo di lavoro per la redazione della Mappa di pericolosità sismica – INGV, aprile 2004)</i>	39

## TABELLE IN TESTO

TAB.1	<i>Osservazioni sismiche a Pavia</i>	38
TAB.2	<i>Classificazione del territorio regionale a seguito dell'entrata in vigore dell'O.P.C.M. 3274/03</i>	41
TAB.3	<i>Provincia di Pavia - Raffronto tra il precedente quadro normativo e l'attuale</i>	41
TAB.4	<i>Livello di approfondimento dello studio in relazione alla zona sismica di appartenenza</i>	47
TAB.5	<i>Comune di Magherno - Scenari di pericolosità sismica locale ed effetti sismici locali attesi</i>	49
TAB.6	<i>Comune di Magherno - Classi di pericolosità sismica per ogni scenario di pericolosità sismica locale</i>	49
TAB.7	<i>Caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione in relazione ai valori di <math>R_p</math> misurati desunti dalla rielaborazione delle prove penetrometriche statiche CPT eseguite a supporto degli interventi edilizi realizzati od in itinere in territorio comunale di Magherno</i>	52
TAB.8	<i>Classi di ingresso dei poligoni individuati nella carta di sintesi</i>	56

## ALLEGATI

### BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

## **1. INTRODUZIONE**

### **1.1 OGGETTO DELLO STUDIO**

Lo studio in oggetto si propone di fornire al Comune di MAGHERNO (PV), una conoscenza aggiornata e completa del proprio territorio dal punto di vista geologico - geotecnico e della vocazione d'uso, basata sull'analisi dettagliata e sulla valutazione incrociata dei fattori ambientali, territoriali ed antropici che lo contraddistinguono, al fine di una tutela ambientale preventiva nei riguardi del rischio idrogeologico e idraulico.

Il presente lavoro, redatto congiuntamente al Piano di governo del Territorio del Comune di Magherno, è stato predisposto secondo due livelli conoscitivi e diagnostici: uno generale di inquadramento, riguardante l'intera superficie territoriale del Comune (5,09 Km<sup>2</sup>) ed un suo significativo intorno (Tavole 1-2-3 - scala 1:10.000), ed uno di dettaglio, limitatamente al territorio comunale interessato in tutta la sua estensione dalla copertura aerofotogrammetrica (riferimento Tavole 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - scala 1:5.000).

In particolare, lo studio di dettaglio ha interessato, oltre al capoluogo comunale di Magherno, i cascinali uniformemente distribuiti su tutto il territorio, a testimonianza della spiccata vocazione agricola di questi luoghi:

- Cascina Gioiesima
- Cascina Cascinetto

### **1.2 DOCUMENTAZIONE REALIZZATA**

La valutazione delle componenti fisiche che hanno interagito o interagiscono con il territorio e che lo caratterizzano (elementi geologici, geomorfologici, idrogeologici e geotecnici), ha permesso di giungere alla stesura di 8 elaborati cartografici di riferimento, concepiti per essere letti in funzione della pianificazione urbanistica e dell'edificabilità del territorio, allestiti sia alla scala 1:10.000 (Tavole n°1-2-3), che alla scala 1:5.000 (Tavole 4 - 5 - 6 - 7 - 8).

L'areale individuato nella documentazione di analisi (carte di inquadramento generale alla scala 1:10.000, vedi tabella di pagina seguente) interessa sia il territorio comunale di Magherno, sia i comuni di Filighera e Vistarino: i tre Enti citati hanno infatti stipulato una convenzione per la stesura associata del Piano di Governo del Territorio.

La documentazione di analisi (carte di dettaglio) e la documentazione di sintesi sono state prodotte separatamente per i singoli comuni, data l'impossibilità grafica di contenere in un unico foglio alla scala 1:5.000 l'intero perimetro dell'area di indagine.

Tutti gli elaborati grafici vengono realizzati su supporto informatico. In particolare le carte di inquadramento generale e di dettaglio (Tavole n°1-2-3-4-5-6) vengono realizzate in formato numerico File *AutoCAD drawing* (.dwg), mentre la Tavola n°7 "CARTA DI SINTESI" e la Tavola n°8 "CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO COMUNALE", vengono prodotte su supporto informatico in formato ArcView compatibile, per l'aggiornamento del Sistema Informativo Territoriale, ai sensi dell'art. 3 della L.R. 12/05.

<i>Documentazione di analisi – carte di inquadramento generale</i>		SCALA
1.	CARTA GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICA (*)	1:10.000
2.	CARTA PEDOLOGICA (*)	1:10.000
3.	CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO (*)	1:10.000
<i>Documentazione di analisi – carta di inquadramento di dettaglio</i>		
4	CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) CON UBICAZIONE DEI DATI LITOSTRATIGRAFICI, GEOGNOSTICI E GEOTECNICI	1:5.000
5	CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO	1:5.000
<i>Documentazione di sintesi</i>		
6	CARTA DEI VINCOLI ESISTENTI	1:5.000
7	CARTA DI SINTESI	1:5.000
8	CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO COMUNALE	1:5.000
(*) Cartografia tematica prodotta unitariamente per i Comuni di Filighera, Magherno e Vistarino		

La Tavola n°8, in particolare, riporta la zonazione del territorio comunale di Magherno in classi e sottoclassi di fattibilità geologica a diversa limitazione (numerate da 2A a 4C in ordine crescente di limitazioni e condizionamenti, secondo quanto stabilito dalla D.G.R. 22 dicembre 2005, n°8/1566 - con riferimento alla *Norme geologiche di Piano*) consentendo, in ultima analisi, di trarre delle indicazioni generali relativamente alle cautele da adottare per gli interventi di Piano e alla tipologia degli studi geologici e delle indagini da effettuare per gli approfondimenti del caso, finalizzati alla riduzione del rischio idrogeologico e idraulico.

Fanno infine parte integrante del presente lavoro le seguenti relazioni:

- Relazioni tecniche*
- a) RELAZIONE ILLUSTRATIVA
  - b) NORME GEOLOGICHE DI PIANO
  - c) RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO COMUNALE – STRATIGRAFIE POZZI PER ACQUA

In particolare, la "RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO COMUNALE - STRATIGRAFIE POZZI PER ACQUA" contiene la documentazione recuperata presso l'Ufficio Tecnico del Comune, presso Enti Pubblici e studi professionali privati relativa ad indagini a diverse finalità (studi geologico - tecnici e idrogeologici) condotte nell'ambito del territorio comunale di Magherno, utili alla caratterizzazione dell'area di studio.

I dati relativi alle opere di captazione ad uso pubblico o privato censite nel corso del presente studio e di cui sia nota la stratigrafia, vengono allegate alla relazione medesima e trasmesse su supporto informatico in formato .pdf.

Per quanto riguarda infine la valutazione dell'amplificazione sismica locale, la metodologia utilizzata è quella prevista dalla D.G.R. n°8/1566 del 22.12.2005 (1° livello di approfondimento), con riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche, sia attraverso l'utilizzo di dati esistenti. Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, ha previsto la redazione della CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL), nella quale è stata riportata la classificazione e la perimetrazione delle aree suscettibili di amplificazione sismica (aree a Pericolosità Sismica Locale).

### 1.3 DOCUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per lo studio fotogeologico, i rilievi diretti condotti in sito e la stesura degli elaborati scritto - grafici ci si è avvalsi della seguente documentazione di base:

— C.T.R. Regione Lombardia 1994 scala 1:10.000:

Sezioni

- B7c3 "Lardirago"
- B7c4 "Linarolo"
- B7d3 "Sant'Angelo Lodigiano Ovest"
- B7d4 "Belgioioso"

— Cartografia I.G.M. scala 1:25.000

Sezioni

- |             |              |           |                         |
|-------------|--------------|-----------|-------------------------|
| — Foglio 59 | quadrante I  | Tavola SO | "Albuzzano"             |
| — Foglio 59 | quadrante I  | Tavola SE | "Sant'Angelo Lodigiano" |
| — Foglio 59 | quadrante II | Tavola NO | "Belgioioso"            |
| — Foglio 59 | quadrante II | Tavola NE | "Corteolona"            |

— Cartografia scala 1:5.000 e 1:2.000 del territorio comunale di Magherno da fotorestituzione

— fotografie aeree a colori alla scala 1:20.000 - volo del 28-06-1980

- fotografie aeree B/N alla scala 1:33.000 - volo 1991 I.G.M.
- fotografie aeree in B/N alla scala  $\cong 1:25.000$  relative al volo del 1994

Nella fase di analisi si è inoltre utilizzata la seguente documentazione (con riferimento ai disposti di cui all'Allegato 1 della D.G.R. 22 dicembre 2005, n°8/1566):

- Autorità di Bacino del Fiume Po - Deliberazione del Comitato Istituzionale n°1/99 *"PROGETTO DI PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)"* 6. Cartografia di Piano - Tav.3 - Corsi d'acqua interessati dalle fasce fluviali - scala 1.500.000.  
*Dall'esame degli elaborati (Piano Stralcio Fasce Fluviali - PSFF; Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - P.A.I.), per il Fiume Lambro Meridionale non risultano individuati i limiti delle fasce fluviali A, B e C.*
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - Provincia di Pavia - (P.T.C.P., Approvato con deliberazione di Consiglio Provinciale n°53/33382 del 7 novembre 2003).  
Tavola 3.2b *Previsioni di tutela e valorizzazione delle risorse paesistiche e ambientali*  
Tavola 3.3b *Quadro sinottico delle Invarianti*
- Piano Cave della Provincia di Pavia approvato dal Consiglio Regionale - Regione Lombardia - in data 20/02/2007 con D.C.R. n°VIII/344.
- Provincia di Pavia - Settore Cave - Individuazione di possibili geositi nel territorio della Provincia di Pavia (2003)

#### 1.4 ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO

Lo studio geologico - tecnico territoriale si è articolato nelle seguenti fasi:

- raccolta e interpretazione dei dati e dei documenti disponibili in letteratura nonché reperiti presso enti pubblici e studi professionali privati, relativi a studi precedenti a diverse finalità (studi geologici, geotecnici e idrogeologici) condotti nell'ambito del territorio comunale di Magherno ed utili alla caratterizzazione dell'area di studio.

La ricerca ha coinvolto, in diversa misura, i seguenti Enti:

- Ufficio Tecnico Comunale di Magherno
- Regione Lombardia - Struttura Territoriale Regionale (STER) di Pavia
- Amministrazione Provinciale di Pavia Assessorato al Territorio - Servizio Geologico e Settore Tutela e Valorizzazione Ambientale - Settore acqua
- Università degli Studi di Pavia - Dipartimento di Scienze della Terra
- C.A.P. Gestione S.p.A. - Milano
- ACAOP S.p.A. - Stradella
- analisi fotointerpretativa



- analisi areale del territorio comunale di Magherno e di un suo significativo intorno che ha previsto, accanto ai rilievi geologici di tipo tradizionale, una preliminare caratterizzazione geotecnica del primo sottosuolo, attraverso sia la raccolta e la rielaborazione dei dati esistenti, che mediante l'esame di alcune scarpate naturali e artificiali (scassi stradali, sbancamenti). Per quanto il lavoro di rilevamento sia stato condizionato dalla scarsità degli affioramenti, i rilievi hanno comunque consentito l'individuazione degli elementi che possono influire sull'idoneità delle aree stesse in funzione urbanistica
- analisi idrogeologica, eseguita attraverso il censimento dei pozzi per acqua presenti all'interno dell'areale studiato (rifer. Tavola 3), con rielaborazione delle colonne stratigrafiche, al fine della definizione delle modalità di circolazione delle acque nel primo sottosuolo e della individuazione delle aree di potenziale vulnerabilità idrogeologica. Contestualmente è stata recepita la mappatura del reticolo idrografico principale e minore ed adeguato alla normativa di settore (rifer. Tavole n°5-6)
- valutazione delle problematiche inerenti la sismicità del territorio comunale, finalizzate alla predisposizione della Tavola n°4 "CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) CON UBICAZIONE DEI DATI LITOSTRATIGRAFICI, GEOGNOSTICI E GEOTECNICI"

Le informazioni inerenti alla caratterizzazione stratigrafico - geotecnica e idrogeologica del territorio comunale di Magherno, desunte dalle stratigrafie delle indagini geognostiche eseguite, sono state rielaborate al fine di renderle uniformi e quindi facilmente confrontabili. Esse costituiscono parte integrante della "RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO COMUNALE – STRATIGRAFIE POZZI PER ACQUA", allegata al presente lavoro.

I dati raccolti, successivamente rielaborati al fine di renderli omogenei e confrontabili tra loro, sono costituiti da (rifer. Tavola n°4 per la loro ubicazione):

- n°07 diagrafie relative a prove penetrometriche statiche "*cone penetration test*" (C.P.T. 01\_07)
- n°14 diagrafie relative a prove penetrometriche dinamiche "*Dynamic Continuous Penetration Test*" con avanzamento di 30 centimetri (D.C.P.T.<sub>30</sub> 01\_14)
- n°06 diagrafie relative a prove penetrometriche dinamiche "*Dynamic Continuous Penetration Test*" con avanzamento di 20 centimetri (D.C.P.T.<sub>20</sub> 01\_06)
- n°16 stratigrafie relative a sondaggi geognostici a campionamento continuo (S 01\_16)

Vengono inoltre fornite 15 stratigrafie di pozzi per acqua censiti all'interno dell'areale studiato, 13 dei quali ad uso potabile (10 in uso e 3 dismessi ovvero non più utilizzati). Per quanto riguarda i pozzi ad uso non potabile, una stratigrafia si riferisce ad un pozzo di proprietà Cortenuova s.r.l. - Fertilvita s.r.l. (pozzo F1), ed un'altra è relativa ad altra attività produttive di diversa proprietà censita all'interno dell'areale studiato (pozzo 05). Per quanto riguarda l'ubicazione dei pozzi per acqua ricadenti nell'ambito del territorio comunale di Magherno, oltre alla Tavola 3 "CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO", si faccia riferimento alla Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO".

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E CLIMATICO

### 2.1 CARATTERIZZAZIONE FISIOGRAFICA

Il territorio del Comune di Magherno (PV) si sviluppa su di una superficie complessiva di 5,09 Km<sup>2</sup> (pari a 509 ettari), compresa dal punto di vista amministrativo tra i comuni di Torre D'Arese a Nord, Vistarino ad Ovest, Villanterio ad Est, Copiano e Gerenzago a Sud.

Il Comune è costituito da un capoluogo - Magherno - e da alcuni cascinali sparsi nella campagna. Grazie alla sua posizione geografica, vicino all'intersezione tra la ex Strada Statale 235 "di Orzinuovi" (SS 235), ora Strada Provinciale 235 di Orzinuovi (SP ex SS 235) e la ex Strada Statale 412 "della Val Tidone" (SS 412), ora Strada Provinciale 412 della Val Tidone (SP ex SS 412), Magherno è uno dei comuni più importanti della zona, cerniera tra l'Oltrepò pavese - piacentino e la pianura Pavese e milanese.

Dal punto di vista fisiografico, il territorio di Magherno si trova ubicato in sinistra idrografica del Fiume Po, in una fascia di pianura pavese situata lungo il tratto terminale del tracciato del fiume Lambro Meridionale. Dal punto di vista altimetrico la zona può essere considerata di bassa pianura, essendo contenuta tra le quote di 68 metri circa s.l.m. (alveo attivo del fiume Lambro Meridionale, al confine comunale con Villanterio) e 76 metri circa s.l.m. (piano generale terrazzato nei pressi di Cascina Gioiesima).

Nella figura sottostante è rappresentata la collocazione dell'area studiata rispetto al sistema cartografico regionale (C.T.R. Regione Lombardia).



*Fig. 1 Inquadramento dell'area nel sistema cartografico regionale*

## 2.2 UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE AFFIORANTI

Nel complesso il territorio del Comune di Magherno risulta modellato all'interno di sedimenti quaternari continentali di origine alluvionale (rifer. Tav.1), abbandonati dal Fiume Po e dal suo tributario Lambro Meridionale in relazione alle vicende climatiche che hanno caratterizzato la regione nel Pleistocene (glaciazioni) e nell'Olocene (normale avvicendamento di piene e magre).

Con riferimento alla Tav.1, in particolare, i vari ripiani terrazzati sono stati raggruppati secondo le seguenti unità geologiche:

- **ALLUVIONI ATTUALI (OLOCENE SUPERIORE - ATTUALE)**

La composizione litologica dei depositi comprende limi e sabbie prevalenti, con disposizione casuale, legate alle divagazioni del fiume Lambro Meridionale in epoca storica. Localmente associati a questi depositi si rinvengono intercalati dei livelli torbosi.

- **ALLUVIONI MEDIE (OLOCENE MEDIO - SUPERIORE)**

Depositi inferiori depositi dal fiume Lambro Meridionale, costituiti in prevalenza da sabbie e ghiaie a basso grado di alterazione negli strati superficiali; costituiscono un ripiano di poco sopraelevato rispetto alle alluvioni attuali.

- **FLUVIALE RECENTE (PLEISTOCENE SUPERIORE - WURM)**

Questo livello è comunemente definito "Piano Generale Terrazzato" (P.G.T.) o "Livello Fondamentale della Pianura".

L'unità è costituita da sabbie prevalenti, localmente inglobanti lenti di ghiaia, ghiaietto e/o limi più o meno sabbiosi. La parte superficiale, alterata, dello spessore medio di circa quattro metri, è generalmente costituita da sabbie o sabbie limose di colorazione brunastra e rossiccia. I depositi alluvionali di questa unità si differenziano dai precedenti per la loro posizione a quote più elevate e per la loro età, riconducibile all'ultima grande fase di espansione glaciale (Wurm).

La sequenza litologica è ben evidenziata lungo le scarpate di scavo presenti in corrispondenza di un ambito estrattivo localizzato in comune di Filighera, tra le località di Cascina Nuova e Molino Farnese (rifer. Fig.2).

Occorre infine rilevare come nei pressi dell'abitato di Magherno la scarpata di terrazzo che separa i depositi della superficie principale della pianura padana dalle alluvioni del fiume Lambro Meridionale risulta modellata da numerosi interventi antropici (sbancamenti e riprofilature); la determinazione dell'esatto passaggio litostratigrafico tra le diverse formazioni in questa zona appare pertanto abbastanza difficoltoso.



*Fig. 2 Sequenza litologica della scarpata di scavo posta in corrispondenza dell'Ambito Estrattivo "C101 / g101 / PV" del P.C.P.*

## 2.3 GEOLOGIA DEL SOTTOSUOLO

L'analisi delle litofacies e delle caratteristiche sedimentologiche dei depositi che costituiscono il primo sottosuolo dell'area studiata, è stata svolta sulla base delle informazioni desunte dalle stratigrafie relative alle trivellazioni di n°15 pozzi per acqua (rifer. RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO COMUNALE – STRATIGRAFIE POZZI PER ACQUA ↗).

L'unico pozzo ad uso idropotabile, attualmente in uso ed a stratigrafia nota ricadente in comune di Magherno è ubicato in corrispondenza del capoluogo comunale (*"Magherno"*, situato presso il cortile del palazzo Municipale). L'Ente gestore è il C.A.P. Gestione S.p.A. - Milano.

Di seguito se ne riporta una breve descrizione della colonna stratigrafica. Le successioni clastiche appaiono estremamente eterogenee, caratterizzate da una continua alternanza tra depositi grossolani (sabbie e ghiaie) e depositi fini (argille e limi).

"Magherno"

La perforazione ha evidenziato una successione stratigrafica così schematizzabile:

- a partire dal piano campagna fino ad una profondità di 10,00 metri circa, al di sotto di una sottile coltre di materiali limoso - sabbiosi di copertura è presente una prima litozona sabbioso - ghiaiosa permeabile, che ospita la falda freatica superficiale;
- segue un primo orizzonte argilloso compatto, presente da -10,00 metri a -15,50 metri di profondità dal p.c. (primo orizzonte impermeabile o *acquitcludes*), che separa il primo livello acquifero profondo, presente tra -15,50 metri e -31,50 metri di profondità, dato da sabbie più o meno cementate;
- tra le quote di -31,50 e -58,50 metri sono stati individuati dei livelli argillosi e argilloso - torbosi impermeabili che suddividono il corpo acquifero principale in due distinte parti (secondo orizzonte impermeabile o *acquitcludes*);
- la stratigrafia individua successivamente un livello acquifero produttivo, collocato tra le quote di -58,50 e -77,00 metri di profondità. La successione si completa con la riproposizione, fino a fondo foro, di argille e lignite.

In generale, gli orizzonti profondi a dominanza argillosa, intercettati durante la realizzazione dei pozzi, corrispondono a depositi sedimentari di ambiente costiero e/o marino di età quaternaria antica e pre - quaternaria. La loro presenza a limitata profondità è da correlare con l'assetto tettonico generale dell'area, condizionato dalla vicinanza con l'alto strutturale del Colle di San Colombano, dove terreni quaternari antichi e pre - quaternari risultano direttamente affiorare in superficie.

Le condizioni idrogeologiche e la distribuzione dei livelli acquiferi risentono perciò, oltre che delle irregolarità stratigrafico sedimentarie del materasso alluvionale, anche delle peculiarità geologiche del substrato marino (rifer. Paragrafo seguente).

## 2.4 ASSETTO GEOLOGICO - STRUTTURALE

Da un punto di vista strutturale l'assetto della zona esaminata è caratterizzato dalla presenza di una serie di strutture sepolte (faglie inverse e sovrascorrimenti) che interessano le successioni marine mioceniche e plioceniche poste alla base delle coperture alluvionali quaternarie (rifer. Tav.1). Esse sono da porre in stretta connessione con quelle presenti lungo il margine appenninico dell'Oltrepò pavese.

Le dislocazioni che interessano l'intera zona studiata fanno inoltre parte di un'ampia struttura a festone di interesse regionale (arco emiliano), rilevata dall'AGIP nel corso delle sue prospezioni finalizzate alla ricerca di idrocarburi, che si protende verso il centro della pianura culminando con il rilievo del colle di San Colombano, per flettere poi sia verso ESE e SE, sia verso W.

Detta situazione strutturale condiziona sensibilmente anche la disposizione geometrica e lo spessore complessivo dei depositi alluvionali quaternari che risentono dell'andamento del substrato marino.

Il sollevamento del substrato comporta infatti una progressiva riduzione di spessore della coltre alluvionale fino alla completa scomparsa al culmine delle zone di alto strutturale (rilievi di San Colombano). Questa situazione è ben documentata dalle stratigrafie dei pozzi presenti nella zona.

In concomitanza con questi sollevamenti, legati al quadro neotettonico quaternario, si può ipotizzare che gli strati alluvionali più profondi, seguendo l'andamento del substrato marino, tendano ad assumere blande immersioni verso W lungo il margine occidentale della zona del Colle di S. Colombano (e quindi anche in corrispondenza dell'area studiata).

Viceversa, verso l'alto della successione alluvionale gli strati dovrebbero presentare un andamento che tende progressivamente ad uniformarsi a quello della superficie topografica.

## 2.5 GEOMORFOLOGIA

Il territorio comunale di Magherno, interamente pianeggiante, risulta compreso tra le quote di 68 metri circa s.l.m. (alveo attivo del fiume Lambro Meridionale, al confine comunale con Villanterio) e 76 metri circa s.l.m. (piano generale terrazzato nei pressi di Cascina Gioiesima).

La superficie topografica del Piano Generale Terrazzato, la cui acclività è compresa tra il 2,0 e il 5,0 ‰, degrada verso SE, seppure in modo irregolare, in quanto soggetta nel corso dei secoli a spianamenti e rimodellamenti artificiali, che hanno contribuito ad addolcire le originali ondulazioni morfologiche.

All'interno del "Piano Generale Terrazzato" (P.G.T.) è ben evidente l'incisione valliva del fiume Lambro Meridionale la cui scarpata, in buona parte artificializzata, raggiunge in comune di Magherno l'altezza massima di 6-7 metri circa, nonostante localmente gli interventi antropici ne abbiano del tutto o in parte alterato l'originale morfologia.

## 2.6 ASPETTI PEDOLOGICI E DI USO DEL SUOLO

In corrispondenza dell'areale studiato sono presenti due dei cinque sistemi di pedo-paesaggio con cui viene catalogato il territorio lombardo. Essi sono:

- il *sistema della piana fluvio-glaciale e fluviale costituente il livello fondamentale della pianura (L)*;
- il *sistema delle valli alluvionali di pianura (V)*.

Il limite morfologico tra i due sistemi è evidente essendo contrassegnato dalle scarpate d'erosione fluviale del fiume Olona e del fiume Lambro Meridionale, per quanto localmente rimodellate od oblite, anche se è lo studio dei caratteri dei suoli a guidare e confermare la loro distinzione concettuale e cartografica. I due sistemi sono stati suddivisi in sottosistemi e unità di paesaggio, che rappresentano ambiti morfogenetici più circoscritti (rifer. Tav.2).



Per ogni sistema o sottosistema, con l'obiettivo di fornire la sintesi pedologica dei grandi ambienti, vengono descritti i principali fattori della pedogenesi collegandoli alla classificazione dei suoli espressa a livello di grande gruppo Soil Taxonomy (Keys, 1994).

Le informazioni di seguito riportate, evidenziate anche in Tavola 2 "CARTA PEDOLOGICA", sono tratte da: *Base Informativa Suoli - Territorio della Provincia di Pavia, ottobre 2003 - Progetto Carta Pedologica, versione 2.*

Nelle superfici del sistema della piana fluvio-glaciale e fluviale costituente il livello fondamentale della pianura (L), sono presenti suoli in genere evoluti (Haplustalfs), talvolta con profilo disturbato dall'erosione o dall'attività antropica. Solo localmente la presenza di depositi grossolani fin dalla superficie o la minore età delle superfici determinano suoli con caratteri meno evoluti (Ustochrepts). Il sistema L è rappresentato nell'area dal sottosistema LF (suoli con le seguenti denominazioni di Unità Cartografica di cui alla Tavola 2 "CARTA PEDOLOGICA": AGO2, OME1, VAC1, AGO1, LOD1, VAT1, ISI2, POB1, GAL1, PCH1, MMG1), contraddistinto dalla presenza di un'idrografia organizzata di tipo meandriforme costituita esclusivamente da sedimenti fluviali fini, privi di pietrosità in superficie e di scheletro nel suolo ("bassa pianura sabbiosa"). Esso rappresenta le aree più stabili dal punto di vista geomorfologico, a bassa energia di rilievo e senza evidenze morfologiche particolari.

La divagazione dei corsi d'acqua dell'antica piana a meandri che caratterizzava queste aree non interessa questo sistema da lungo tempo ed i suoli maggiormente rappresentati sono gli Alfisuoli, con limitata diffusione degli Inceptisuoli nelle aree più recenti, prossime alle linee di canale dell'antico sistema fluviale o a quelle sottoposte ad intensa erosione superficiale o caratterizzate da un difficile sgrondo delle acque.

Gli Inceptisuoli (Ustochrepts) sono legati principalmente a superfici nelle quali l'evolversi dei processi pedogenetici è stata limitata dal drenaggio difficoltoso o dal ringiovanimento delle superfici ad opera della più recente attività fluviale; sono riconoscibili in questi suoli i tratti di una moderata evoluzione, rappresentata da sviluppo di struttura e colore di suolo e decarbonatazione parziale o totale del profilo, frequentemente accompagnate da evidenze di idromorfia anche intensa. Quando la rimozione dei carbonati non è stata completa si rilevano orizzonti profondi di accumulo di carbonato di calcio (orizzonte calcico).

Il sistema di paesaggio delle valli alluvionali (V) è presente nell'area con i due sottosistemi VT (terrazzi stabili) e VA (alluvioni più recenti).

Nel sottosistema VT, rappresentato da terrazzi alluvionali stabili generalmente rilevati sul livello delle alluvioni più recenti, sono comprese le superfici ascrivibili all'attività del Fiume Olona (suoli SCH1 e MOL1/RGA1 di cui alla Tavola 2 "CARTA PEDOLOGICA").

In queste superfici i suoli sono poco o per nulla evoluti; la pedogenesi appare infatti essere stata condizionata dal drenaggio difficoltoso e dalla granulometria grossolana dei materiali di partenza che hanno consentito una limitata differenziazione dei suoli rispetto ai sedimenti originari oppure hanno mantenuto le peculiarità dei sedimenti originari senza alcuna differenziazione di orizzonti genetici.

Nel sottosistema VA (piane alluvionali inondabili con dinamica prevalentemente deposizionale, costituite da sedimenti recenti od attuali), i suoli - individuati con le denominazioni di Unità Cartografica VIL1 e MBR1 in Tavola 2 "CARTA PEDOLOGICA" - sono generalmente poco evoluti, con un orizzonte profondo di alterazione poco evidente (*Ustochrepts*); suoli con evidente decarbonatazione ed accumulo profondo di carbonati si rinvencono solamente in aree caratterizzate da rotte o meandri molto antichi. Suoli a basso o nullo grado di differenziazione dai sedimenti fluviali originari (*Ustifluvents* ed *Ustipsamments*) sono tipici delle superfici a più alto rischio di inondazione della piana del Po, ma possono essere reperiti anche in ventagli di rotta recenti (rotte del 1951 e 1994).

In queste superfici i suoli sono poco o per nulla evoluti; la pedogenesi appare infatti essere stata condizionata dal drenaggio difficoltoso e dalla granulometria grossolana dei materiali di partenza che hanno consentito una limitata differenziazione dei suoli rispetto ai sedimenti originari oppure hanno mantenuto le peculiarità dei sedimenti originari senza alcuna differenziazione di orizzonti genetici.

Per quanto riguarda infine l'uso del suolo, l'area studiata è prettamente agricola e la coltura di gran lunga più diffusa è il riso. Il paesaggio della risaia è interrotto da pioppeti solamente nelle aree prossimali al fiume Olona e al fiume Lambro Meridionale.

La diffusione del riso ha comportato uno sconvolgimento nell'organizzazione della attività agricola, con l'introduzione di una serie di opere idrauliche di canalizzazione che raccolgono le acque delle risorgive per diffonderle capillarmente nei campi e garantirne stagionalmente la sommersione e lo svuotamento. Rogge e cavi compongono un reticolo estremamente fitto e complesso uniformemente distribuito in tutto il territorio non urbanizzato ricompreso nell'areale studiato.

## 2.7 CLIMATOLOGIA

Per quanto concerne le condizioni climatiche del territorio, sia per quanto riguarda i dati pluviometrici che le temperature rilevate, si fa riferimento ai dati meteorologici elaborati dall'E.R.S.A.L. e relativi agli ultimi anni.

Sia per quanto concerne la temperatura che per la piovosità si assumono a riferimento i valori relativi alla stazione di Pavia, relativi rispettivamente ai periodi 1950-1981 e 1950-1979.

Il territorio in esame presenta le caratteristiche di un clima *temperato umido ad estate calda*, di tipo *subcontinentale*, complessivamente caratterizzato dal punto di vista pluviometrico dalla presenza di due massimi e due minimi ben marcati, che caratterizzano la distribuzione delle precipitazioni nell'anno medio. Dei massimi il principale cade in autunno (ottobre-novembre), il secondario a maggio. I minimi sono posizionati nei mesi di gennaio e luglio.

Il quantitativo annuo medio di precipitazioni risulta compreso tra i 900 e i 1000 millimetri.

Il regime pluviometrico è pertanto classificabile come *sublitoraneo*, intermedio tra il tipo *padano* e quello *appenninico* (Ottone & Rossetti, 1980).

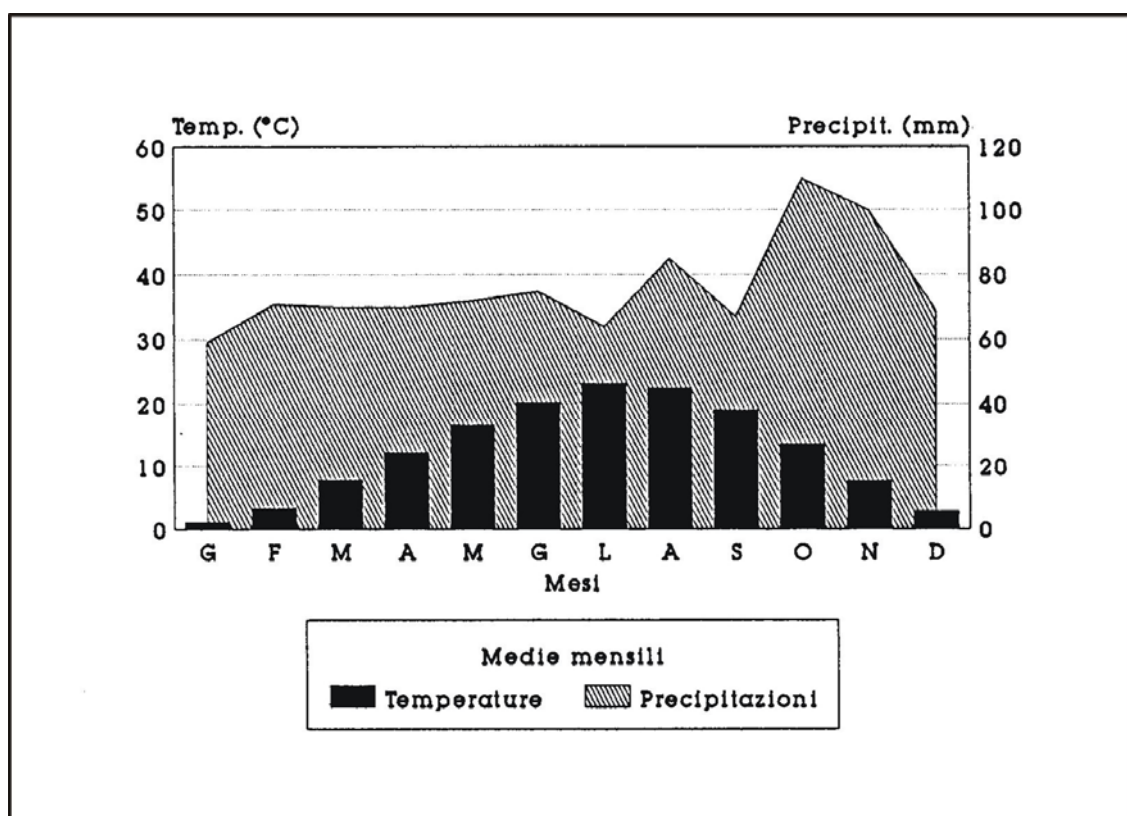


Per quanto riguarda la piovosità, va infine rilevato come durante l'ultimo decennio molti inverni sono stati caratterizzati da periodi particolarmente poveri di precipitazioni (in particolare gli inverni 1988-89 ed quelli dei primi anni 90).

I dati relativi agli anni 1995-1996 indicherebbero in via di attenuazione questo fenomeno, in quanto si è assistito a un incremento delle precipitazioni. In particolare il gennaio 1996 risulta essere stato uno dei più piovosi del secolo (rifer. analisi delle serie storiche di Milano Brera).

Mediante il diagramma di Bagnols e Gaussen, è possibile definire i mesi nei quali le precipitazioni (P) in mm sono inferiori al doppio della temperatura media (2T), espresse in °C. In base a questo diagramma risulta che a Pavia non si verificano mesi "secchi" (nessuna intersezione tra le curve).

La temperatura media risulta essere stata 12,5°; con una media del mese più freddo (gennaio) di 1,1° ed una media del mese più caldo (luglio) di 23,2°. L'escursione termica media è pari a 22,1°: pertanto il clima, dal punto di vista termico, va senz'altro inquadrato come continentale.



**Fig. 3** Diagramma di Bagnols e Gaussen. Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni per la stazione di Pavia, da ERSAL, 1996 - I SUOLI DEL PARCO DEL TICINO SETTORE MERIDIONALE -

### 3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

#### 3.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Per quanto riguarda l'idrografia di superficie, l'elemento dominante del territorio comunale di Magherno è rappresentato dal Fiume Lambro Meridionale (rifer. Tav.3 "CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO").

Il Lambro Meridionale, detto anche *Lambro Morto* o *Lambretto* è un canale artificiale che, utilizzando (a valle di Pieve Emanuele, in Provincia di Milano) il letto di un antico corso d'acqua naturale, raccoglie le acque del complesso sistema idrico di Milano. È il principale tributario del fiume Lambro.

Il Lambro Meridionale inizia il suo corso a Milano in località *Conca Fallata*, derivando le sue acque dal fiume Olona, subito dopo riceve l'apporto dello *Scaricatore di piena del Seveso* e le acque di scarico della fascia interna alla circonvallazione filoviaria, raccolta dai due collettori principali denominati *Nosedo Destro Alto* e *Nosedo Destro Basso*. In seguito il Colatore Lambro Meridionale scorre parallelo al fiume Olona, costeggiando il quartieri milanesi di *Gratosoglio* e di *Quinto Stampi*. In questo tratto riceve anche la portata della Roggia Ticinello, emissario della Darsena di Porta Ticinese, e le acque dell'*Adduttore di Magra sud ovest*, che raccoglie altre acque fognarie di Milano. Nel territorio di Rozzano, poco prima di sottopassare la tangenziale sud di Milano, il Lambro Meridionale piega nettamente verso est, allontanandosi dall'Olona.

In seguito il colatore scorre nelle campagne tra il Pavese ed il Lodigiano, dove riceve la *Roggia Pizzabrosa* e la *Roggia Taverna*.

Anticamente il Lambro Meridionale costituiva la prosecuzione del torrente Nirone (o Merlata), il quale, dopo la deviazione del fiume Olona da parte dei Romani, divenne affluente di quest'ultimo.

Il fiume Lambro Meridionale attraversa il territorio comunale di Magherno con andamento NNW-SSE; oltrepassato l'abitato di Villanterio assistiamo ad una brusca deviazione di circa 90° del suo corso in direzione ENE, direzione che mantiene fino al punto di confluenza nel fiume Lambro, all'altezza di Sant'Angelo Lodigiano.

Studi recenti imputano questa brusca deviazione ai movimenti di sollevamento della struttura del Colle di San Colombano in epoca quaternaria, che avrebbero determinato la creazione di un ostacolo naturale al proseguimento del corso del fiume in direzione SSE.

A seguito di questo sollevamento il Lambro Meridionale, giunto nei luoghi dove attualmente sorge l'abitato di Villanterio, sarebbe stato costretto a divagare ed a cercare una nuova via per il deflusso delle sue acque, finendo così a confluire nel fiume Lambro all'altezza di Sant'Angelo Lodigiano, per quanto non si possa comunque escludere che un intervento antropico potrebbe aver assecondato la naturale tendenza alla divagazione del corso d'acqua, facilitando così il cambio di percorso.

L'idrografia secondaria è rappresentata da una fitta rete di canali, in parte naturali ed in parte artificializzati (rogge e fossi colatori, con funzione irrigua e/o di scolo per le acque meteoriche), per lo più dotati di modeste portate. Questi canali si originano dall'emergenza delle risorgive che vengono poi incanalate, assumendo localmente le dimensioni ed i caratteri di veri e propri corsi d'acqua (es: Roggia Colombana – Fig.4).

Nella fascia di meandreggiamento recente del fiume Po, la relativa impermeabilità dei terreni superficiali (copertura e substrato pedologico), data dalla presenza di limi di stanca depositi dallo stesso corso d'acqua in concomitanza degli eventi alluvionali verificatisi in epoca storica, rende ragione dell'elevata ramificazione della rete idrografica secondaria, mentre, in corrispondenza dei terreni del fluviale Recente (Piano Generale Terrazzato), la loro minore diffusione è strettamente legata alla maggiore permeabilità del terreno superficiale (copertura e substrato pedologico), di natura prevalentemente sabbiosa. Poiché è risaputa l'interdipendenza che può esistere tra acque superficiali e falda freatica, è importante osservare che comunque i suddetti canali, attivi per buona parte dell'anno, non essendo rivestiti disperdono nel sottosuolo notevoli quantità d'acqua.



*Fig. 4 La Roggia Colombana nei pressi di Magherno*



**Fig. 5**     *Il Lambro Meridionale in Comune di Magherno*

### 3.2 DETERMINAZIONE DEL RETICOLO IDRICO PRINCIPALE E MINORE

Con riferimento ai disposti delle seguenti delibere regionali:

- **D.G.R. n°7/7868/02** *"Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il reticolo idrico minore come indicato dall'art. 3, comma 114, della L.R. 1/2000 "Determinazione dei canoni regionali di polizia idraulica"*
- **D.G.R. n°7/13950/03** *"Modifica della D.G.R. 25 gennaio 2002 n°7/7868 "Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il reticolo idrico minore come indicato dall'art. 3, comma 114, della L.R. 1/2000 "Determinazione dei canoni regionali di polizia idraulica"*
- **D.G.R. n°7/20552/05** *"Approvazione del reticolo idrico di competenza dei consorzi di bonifica ai sensi dell'art. 10, comma 5 della L.R. 7/2003"*

il presente lavoro è stato integrato e completato attraverso l'individuazione dei corsi d'acqua riferibili al reticolo principale ed a quello minore, nonché mediante l'individuazione delle relative fasce di rispetto (refer. Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO" e Tavola n°6 "CARTA DEI VINCOLI ESISTENTI").



La cartografia citata recepisce le informazioni riguardanti i corsi d'acqua definiti nello studio sul reticolo principale e minore di competenza comunale del Giugno 2003, adeguandolo alla normativa vigente.

In corrispondenza del territorio comunale di Magherno è presente un unico corso d'acqua appartenente al reticolo idrico principale, di cui all'elenco delle acque pubbliche (Testo Unico n°1775/1933) ed individuati nella D.G.R. n°7/13950/03 -allegato A-.

### 1. Fiume Lambro Meridionale

Per quanto riguarda il reticolo idrico minore, esso è stato individuato in base alla definizione del regolamento di attuazione della legge 36/94, ossia "il reticolo idrografico costituito da tutte le acque superficiali" (art. 1 comma 1 del regolamento) "ad esclusione di tutte le acque piovane non ancora convogliate in un corso d'acqua" (art. 1 comma 2 del regolamento).

In particolare sono stati considerati i corsi d'acqua rispondenti ad almeno uno dei seguenti criteri:

- siano indicati come demaniali nelle carte catastali o in base a normative vigenti
- siano stati oggetto di interventi di sistemazione idraulica con finanziamenti pubblici
- siano interessati da derivazioni d'acqua
- siano rappresentati come corsi d'acqua delle cartografie ufficiali (I.G.M., C.T.R.).

*Il territorio di Magherno non presenta corsi d'acqua che, in base ai criteri e alle indicazioni di cui alle D.G.R. n°7/7868/02 e D.G.R. n°7/13950/03 risultano far parte del reticolo idrico minore di competenza comunale.*

Le derivazioni terziarie ed i fossi di scolo secondari, comunque identificati in Tavola n°5, non vengono presi in considerazione ai fini della gestione delle funzioni di polizia idraulica, mantenendo l'onere della manutenzione periodica a carico dei singoli proprietari frontisti.

Per quanto riguarda gli altri corsi d'acqua riportati in evidenza in Tavola n°5 appartenenti al reticolo idrico minore, essi risultano costituiti:

- dai canali del reticolo idrico di irrigazione / di miglioramento fondiario già ricompresi nell'elenco di cui all'Allegato D della D.G.R. 25/01/2002 n°7868, appartenenti alla rete irrigua distrettuale e di competenza dei diversi consorzi a gestione autonoma operanti all'interno del comprensorio, attribuiti in sede di stesura dello studio del Giugno 2003 al Consorzio Est Ticino - Villorosi ma non compresi nell'elenco di cui alla D.G.R. 11/02/2005 n°7/20552 (reticolo idrico di competenza dei consorzi di bonifica);
- dagli irrigatori gestiti da aziende agricole private che derivano acqua da canali consortili.

L'onere della manutenzione periodica spetta rispettivamente ai diversi consorzi a gestione autonoma operanti all'interno del comprensorio ed agli utilizzatori.

I canali irrigui appartenenti alla rete irrigua distrettuale e di competenza dei diversi consorzi a gestione autonoma operanti all'interno del comprensorio che percorrono il territorio comunale di Magherno, ovvero che ricadono lungo la linea di demarcazione del confine comunale riportati in evidenza nelle Tavola n°5 sono:

*Roggia Bissona*

*Roggia Colombana*

*Roggia Giorgia*

Gli irrigatori gestiti da aziende agricole private che derivano acqua da canali consortili che percorrono il territorio comunale di Magherno, ovvero che ricadono lungo la linea di demarcazione del confine comunale riportati in evidenza nella stessa Tavola n°5 sono:

*Colatore Nerone*

*Roggia Landina*

*Roggia Comina*

*Roggia Molina*

*Roggia della Cascinetta*

*Roggia Nerone*

*Roggia Emanuela*

*Roggione*

L'esame delle mappe catastali ha inoltre evidenziato la presenza di un colatore attualmente dimesso per quanto catastalmente ancora individuabile: il *Cavetto di Bissone*. Esso viene riportato sempre in Tavola n°5 con apposita simbologia.

### 3.3 CARATTERIZZAZIONE IDRAULICA DEL FIUME LAMBRO MERIDIONALE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO COMUNALE DI MAGHERNO

Per quanto riguarda gli eventi di esondazione del fiume Lambro Meridionale, essi sono molto rari e limitati ad alcuni ambiti ristretti del fondovalle alluvionale. In Tav. 5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO" e in Tav. 7 "CARTA DI SINTESI", sono riportate le aree che, su base storica e morfologica, possono essere attualmente considerate esondabili o potenzialmente esondabili.

In relazione alle risultanze di approfonditi rilievi eseguiti in sito (agosto - settembre 2008), si è ritenuto - per le finalità del presente lavoro - di non procedere alla realizzazione di uno specifico studio idrologico e idraulico con riferimento ai criteri di cui all'Allegato 4 della D.G.R. 8.1566/05 e D.G.R. 8.7374/08, finalizzato a delimitare con un maggior grado di dettaglio le fasce di esondazione dello stesso fiume Lambro Meridionale.

Le aree di esondazione, individuate in base a valutazioni condotte con criterio geomorfologico e a seguito di approfonditi rilievi di campagna come potenzialmente inondabili in caso di eventi di piena catastrofica e perimetrate nel presente lavoro, sono infatti da assimilare (rifer. Tav.8 "CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO COMUNALE") alle aree *Ee* di cui alle N.t.A. del P.A.I. e alla relativa cartografia: *aree interessate da esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua* (*Ee* = aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata).

Per queste aree, ricadenti in classe di fattibilità 4C, valga perciò quanto riportato al paragrafo 3.6 e al capitolo 2 delle Norme Geologiche di Piano.

Al fine di valutarne un possibile utilizzo ai fini edificatori, sarà cura dell'Amministrazione Comunale di Magherno approfondirne le condizioni di rischio idraulico attraverso la redazione di uno specifico studio idrologico e idraulico, redatto ai sensi della vigente normativa (D.G.R. n°8.1566/05, D.G.R. n°8.7374/08 e succ. mod. ed int.).

### 3.4 IDROGRAFIA SOTTERRANEA

#### 3.4.1 ASSETTO IDROGEOLOGICO GENERALE DELL'AREA

Nella zona in esame si realizzano condizioni favorevoli ad un'attiva circolazione idrica, con buone caratteristiche di trasmissività degli acquiferi, i quali, senza soluzione di continuità, si connettono con quelli presenti nelle zone più a Nord (territorio milanese).

Queste condizioni geologiche sono ben documentate dalle stratigrafie dei pozzi censiti, fornite dall'ACAOP S.p.A. - Stradella, dal C.A.P. Gestione S.p.A. - Milano e dall'impresa di perforazione Negretti s.r.l. di Corteolona (rifer. 'RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO COMUNALE – STRATIGRAFIE POZZI PER ACQUA').

Nel sottosuolo dell'area in esame, diversi studi a valenza scientifica condotti precedentemente a questo lavoro, tra cui occorre segnalare "Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia" - Regione Lombardia, ENI Divisione Agip, 2002 -, hanno evidenziato la presenza di tre unità idrostratigrafiche di rango superiore (Gruppi Acquiferi), definite da barriere di permeabilità ad estensione regionale. I Gruppi Acquiferi sono informalmente denominati Gruppo Acquifero A, Gruppo Acquifero B e Gruppo Acquifero C, così definiti partire dal piano campagna.

In corrispondenza dell'area indagata e più in generale nel settore di pianura padana compresa tra Genzone, Corteolona, Santa Cristina e Bissone e Chignolo Po, le stratigrafie dei pozzi ad uso idropotabile disponibili ed utilizzate per il seguente lavoro, ci permettono di caratterizzare in modo estremamente dettagliato il primo Gruppo Acquifero ("A"), attualmente sfruttato in Lombardia in modo intensivo, ancorché spesso interessato da fenomeni di inquinamento.

Il Gruppo Acquifero "A" presenta, in corrispondenza dell'abitato di Magherno, il suo limite basale ad una profondità di -51,00 metri circa dal piano campagna (con riferimento alla stratigrafia del pozzo "Magherno"). In termini assoluti il limite basale del Gruppo Acquifero "A" coincide, sempre con riferimento ai pozzi in parola, con le quote di +25 metri circa s.l.m..

Il limite tra il Gruppo Acquifero "A" ed il Gruppo Acquifero "B" è individuato, nelle medesime stratigrafie, dalla comparsa di potenti orizzonti argillosi e/o torbosi - localmente fossiliferi -, dallo spessore variabile ma comunque da plurimetrico a decametrico.

Procedendo verso Nord, il limite del Gruppo Acquifero "A" si approfondisce sempre più, portandosi a circa -87,00 metri dal piano campagna a Salerano sul Lambro (coincidente con la quota di circa -10,00 metri s.l.m.).

### 3.4.2 STRUTTURA IDROGEOLOGICA DI DETTAGLIO

Il settore di pianura esaminato risulta impostato su una coltre di depositi alluvionali che poggiano su una successione di sedimenti di ambiente dapprima transizionale e quindi francamente marino, come comprovato dall'affioramento in corrispondenza del rilievo di San Colombano al Lambro e nella zona di San Cipriano Po e Portalbera dei termini superiori della successione.

La situazione strutturale profonda condiziona quindi sensibilmente la disposizione geometrica, lo spessore complessivo dei depositi alluvionali quaternari - che risentono dell'andamento del substrato marino - e la circolazione idrica sotterranea.

Il passaggio dalla serie alluvionale a quella di ambiente transizionale (salmastro) e quindi marino è generalmente marcato da un netto incremento della componente pelitica nei sedimenti e dalla comparsa di una abbondante microfauna. Le poche informazioni di carattere micropaleontologico disponibili e la disomogeneità delle stesse stratigrafie non consentono comunque una ricostruzione dettagliata dell'andamento del passaggio tra i vari ambienti sedimentari.

Nell'ambito dei sedimenti di ambiente transizionale e, talora, di quelli di ambiente marino, è da segnalare la presenza di orizzonti permeabili sabbioso - ghiaiosi sede di cospicue falde acquifere, per quanto poco sfruttabili a fini idropotabili dato il peggioramento delle caratteristiche idrochimiche con la profondità, legato all'instaurarsi di condizioni riducenti per la presenza di acque salmastre.

La caratterizzazione litostratigrafica della zona indagata e di quella ad essa circostante è stata effettuata sulla base delle stratigrafie dei pozzi censiti, raccolte nella 'RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO COMUNALE – STRATIGRAFIE POZZI PER ACQUA'.

I dati raccolti, riferiti alle colonne stratigrafiche dei pozzi censiti, hanno evidenziato un'estrema variabilità sia laterale che verticale delle litofacies presenti, consentendo di raggruppare in base al loro comportamento idrogeologico i vari orizzonti litologici in unità impermeabili, semipermeabili e permeabili. Gli orizzonti appartenenti ad ognuna di queste unità sono stati quindi correlati tra loro per evidenziare il numero e la geometria degli acquiferi presenti e dei diaframmi impermeabili o semipermeabili che li separano.

Nel primo sottosuolo dell'area in esame diversi studi a valenza scientifica condotti precedentemente a questo lavoro hanno evidenziato la presenza di tre distinti orizzonti acquiferi:

- un acquifero superficiale che ospita la falda freatica;
- un primo acquifero profondo (acquifero principale), sfruttato ad uso idropotabile;
- un secondo acquifero profondo (acquifero secondario), immediatamente sovrastante il substrato marino.

L'alimentazione dell'orizzonte freatico superficiale avviene, essenzialmente, attraverso il processo di percolazione. A questa forma di alimentazione concorrono attivamente anche le irrigazioni, tanto che le escursioni della falda freatica risultano strettamente collegate ai cicli delle colture agrarie che comportano larghi consumi d'acqua per l'irrigazione.



A scala locale la prima falda libera superficiale mostra un asse preferenziale di deflusso orientato NNW-SSE e quindi assimilabile a quello dell'idrografia di superficie, incentrato sull'alveo del Fiume Po. Il gradiente idraulico è stimabile attorno allo 0,3%. Fa esclusione il settore del territorio prospiciente l'alveo del fiume Lambro Meridionale, dove il senso di deflusso della prima falda è condizionato dalla depressione morfologica in cui scorre attualmente lo stesso corso d'acqua (rifer. Tav.3 "CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO").

In generale, per quanto riguarda l'areale studiato, il deflusso delle acque freatiche è comunque condizionato dalla distribuzione dei sedimenti argillosi di base, i quali rappresentano il più importante dei fattori in grado di condizionare le caratteristiche idrauliche della prima falda idrica.

I depositi impermeabili che sostengono il primo acquifero di tipo freatico, sono seguiti da un'alternanza di orizzonti sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi e localmente sabbioso-limoso-argillosi con buone caratteristiche di permeabilità che ospitano il primo acquifero sfruttato dall'acquedotto comunale di Magherno.

Per quel che concerne l'andamento della superficie della falda principale (che ha carattere di artesianità), esso è visualizzato nella Tav. 3 "CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO". Le isopieze sono state ricostruite utilizzando misure di soggiacenza (in condizioni statiche) risalenti al giugno '99 rilevate in pozzi captanti l'acquifero principale (dati forniti dall'ACAOP S.p.A. – Stradella riferiti a studi citati in bibliografia).

Per quanto riguarda l'acquifero principale oggetto di emungimento, una rappresentazione dell'andamento delle curve freatimetriche a scala regionale, mette in evidenza un gradiente idraulico regolarmente decrescente da 0,5 a 0,2%, procedendo da Nord verso Sud.

In particolare, nell'areale di studio il gradiente è compreso tra lo 0,25% - 0,30% (piano generale terrazzato) e l'1,50% (ripiano alluvionale inferiore).

### 3.5 CLASSI DI PERMEABILITÀ

In relazione alla varietà litologica superficiale evidenziata dall'elaborazione dei dati raccolti nel corso dell'indagine, al fine di una preliminare caratterizzazione idrogeologica del terreno nell'ambito dell'areale studiato, si possono individuare in via semplificativa quattro ambiti omogenee a diverso grado di permeabilità, riferiti alla tipologia del substrato pedologico (rifer. Tavola n°3 "CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO"):

#### AREE A PERMEABILITÀ MEDIO – BASSA

Corrispondenti alla seguente sottounità di cui alla Tav.2 "CARTA PEDOLOGICA":

AGO2 Il pedopaesaggio è quello della bassa pianura sabbiosa, caratterizzata da superfici pianeggianti o lievemente ondulate di transizione tra la pianura idromorfa e le zone meglio drenate del livello fondamentale della pianura, con pendenza media del 0,1%. Il substrato è costituito da sabbie ben gradate con argilla, non calcareo. L'utilizzazione del suolo prevalente è il seminativo avvicendato, dominato dal mais. Drenaggio mediocre, talvolta buono.

AREE A PERMEABILITA' MEDIA

Corrispondenti alla seguente sottounità di cui alla Tav.2 "CARTA PEDOLOGICA":

- MMG1 L'unità è costituita da valli fossili, sovradimensionate rispetto ai corsi d'acqua attuali, sul livello fondamentale della pianura. Pietrosità superficiale scarsa o nulla. Substrati costituiti da sabbie e sabbie limose. Principale uso del suolo: seminativi avvicendati. Drenaggio mediocre o lento.
- VIL1 L'unità è costituita da superfici poco ribassate delle valli attuali dell'Olonza e di corsi d'acqua minori. Pietrosità superficiale moderata. Substrati costituiti da depositi fluviali medi, non calcarei (sabbie e sabbie limose, sabbie ghiaiose). Principale uso del suolo: seminativi avvicendati. Drenaggio mediocre.
- ISI2 L'unità è costituita da superfici pianeggianti, in alcuni casi debolmente ribassate, spesso allungate, del Livello Fondamentale della Pianura. Pietrosità superficiale scarsa o nulla. Substrati costituiti da depositi fluviali e fluvioglaciali medi e moderatamente fini, generalmente calcarei (limi e limi sabbiosi). Principale uso del suolo: seminativi avvicendati. Drenaggio mediocre.
- LOD1 L'unità è costituita da superfici pianeggianti del Livello Fondamentale della Pianura. Pietrosità superficiale scarsa o nulla. Substrati costituiti da depositi fluviali e fluvioglaciali medi non calcarei, in falda (sabbie e sabbie limose, talvolta con ghiaia). Principale uso del suolo: seminativi avvicendati. Drenaggio buono, in alcuni casi mediocre.
- VAT1 L'unità è costituita da superfici a morfologia pianeggiante del Livello Fondamentale della Pianura. Pietrosità superficiale scarsa o nulla. Substrati costituiti da depositi fluviali e fluvioglaciali, da medi a moderatamente fini, in lenti, moderatamente calcarei (sabbie limose e limi con sabbia). Principale uso del suolo: seminativi avvicendati. Drenaggio mediocre.

AREE A PERMEABILITA' MEDIO - ALTA

Corrispondenti alla seguente sottounità di cui alla Tav.2 "CARTA PEDOLOGICA":

- AGO1 L'unità è costituita da superfici pianeggianti del Livello Fondamentale della Pianura. Pietrosità superficiale scarsa o nulla. Substrati costituiti da depositi fluviali e fluvioglaciali medi o grossolani non calcarei (sabbie e sabbie limose). Principale uso del suolo: seminativi avvicendati. Drenaggio buono.
- VAC1 L'unità è costituita da superfici pianeggianti o debolmente ondulate del Livello Fondamentale della Pianura. Pietrosità superficiale scarsa o nulla. Substrati costituiti da depositi fluviali e fluvioglaciali medi, non calcarei (sabbie e sabbie limose). Principale uso del suolo: seminativi avvicendati. Drenaggio mediocre.
- PCH1 L'unità è costituita da superfici debolmente ribassate, di forma allungata, correlabili a antiche valli sul livello fondamentale della pianura. Pietrosità superficiale comune. Substrati costituiti da sabbie. Principale uso del suolo: seminativi avvicendati e boschi. Drenaggio moderatamente rapido.

- MBR1 L'unità è costituita da incisioni vallive dei corsi d'acqua minori, a rischio di inondazione lieve. Pietrosità superficiale scarsa o nulla. Substrati costituiti da depositi alluvionali grossolani non calcarei (sabbie, sabbie con ghiaia). Principale uso del suolo: seminativi avvicendati. Drenaggio moderatamente rapido, in alcuni casi rapido.
- OME1 L'unità è costituita da superfici pianeggianti o poco ondulate del Livello Fondamentale della Pianura. Pietrosità superficiale scarsa o nulla. Substrati costituiti da depositi fluviali e fluvioglaciali medi o moderatamente fini, non calcarei (limi con sabbie). Principale uso del suolo: seminativi avvicendati. Drenaggio mediocre.
- GAL1 L'unità è costituita da superfici del Livello Fondamentale della Pianura leggermente ribassate e di transizione alle depressioni vallive, generalmente delimitate da scarpate erosive. Pietrosità superficiale scarsa o nulla. Substrati costituiti da depositi fluviali medi, non calcarei (sabbie e limi sabbiosi). Principale uso del suolo: seminativi avvicendati. drenaggio buono.

#### AREE A PERMEABILITA' ELEVATA

Corrispondenti alla seguente sottounità di cui alla Tav.2 "CARTA PEDOLOGICA":

- SCH1 L'unità è costituita da superfici terrazzate poste tra il Livello Fondamentale della Pianura e i solchi vallivi attuali e fossili. Pietrosità superficiale moderata. Substrati costituiti da depositi alluvionali grossolani non calcarei (ghiaie e ghiaie con sabbia). Principale uso del suolo: seminativi avvicendati. Drenaggio moderatamente rapido in alcuni casi buono.
- MOL1/RGA1 L'unità è costituita da superfici terrazzate delimitate da scarpate erosive, ubicate lungo la valle dell'Olon. Pietrosità superficiale scarsa o nulla. substrati costituiti da depositi fluviali medi e moderatamente grossolani, in lenti, non calcarei (limi con sabbia e sabbie limose, sabbie e sabbie ghiaiose). Principale uso del suolo: seminativi avvicendati. Drenaggio da lento a mediocre.
- OME1 L'unità è costituita da superfici pianeggianti o poco ondulate del Livello Fondamentale della Pianura. Pietrosità superficiale scarsa o nulla. Substrati costituiti da depositi fluviali e fluvioglaciali medi o moderatamente fini, non calcarei (limi con sabbie). Principale uso del suolo: seminativi avvicendati. Drenaggio mediocre.

### 3.6 VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO SFRUTTATO AD USO IDROPOTABILE

La verifica riguarda il pozzo "Magherno", attualmente utilizzato ad uso idropotabile.

Le valutazioni vengono eseguite con riferimento al modello idrogeologico individuato e riferite alla prima falda emunta, utilizzando il metodo proposto da "De Luca D.A. & Verga G.".

La metodologia adottata considera di tre differenti tipi di vulnerabilità:

- 1) vulnerabilità verticale
- 2) vulnerabilità orizzontale
- 3) vulnerabilità complessiva

La vulnerabilità verticale di un acquifero rappresenta la facilità con cui esso può essere raggiunto da un inquinante immesso alla superficie del suolo. La vulnerabilità così definita è legata essenzialmente alla litologia, allo spessore ed alla permeabilità degli strati sovrastanti l'acquifero. Il parametro più significativo a quantificarne il grado è rappresentato dal tempo di arrivo di un eventuale inquinante dalla superficie del suolo al tetto dell'acquifero.

Il tempo di arrivo può essere calcolato secondo la relazione:

$$t_a = b/v_i$$

dove:

$t_a$  = tempo di arrivo (giorni)

$b$  = spessore dei livelli di terreno considerati sovrastanti l'acquifero emunto (m)

$K$  = velocità di infiltrazione (m/sec)

Nel caso in esame, come da stratigrafia di riferimento, si nota la presenza fino a -67,00 m dal p.c. di livelli a diversa permeabilità, facenti parte del Gruppo Acquifero "A" fino alla quota di -50 metri dal p.c., sovrastanti il primo acquifero oggetto di sfruttamento ad uso idropotabile, incluso all'interno del Gruppo Acquifero "B". Nel caso specifico otteniamo:

Pozzo Magherno strato n°	Spessore b (m)	Tipo di materiale	Permeabilità K (m/sec)	Tempo di arrivo $t_a$ (giorni)
1	2,00	limo sabbioso	0,00001	2,31
2	5,00	sabbia ghiaiosa	0,00025	0,23
3	1,00	sabbia e ghiaia	0,0005	0,02
4	2,00	sabbia	0,0001	0,23
5	5,50	argilla	0,000000001	63657,41
6	5,50	sabbia	0,0001	0,64
7	10,50	sabbia	0,0001	1,22
8	1,00	argilla e lignite	0,000000001	11574,07
9	13,00	argilla	0,000000001	150462,96
10	5,50	sabbia	0,0001	0,64
11	7,50	argilla	0,000000001	86805,56
<b>Spessore totale</b>	<b>58,50</b>		<b>Σ tempi di arrivo</b>	<b>312505,29 giorni</b>
			<b>Σ tempi di arrivo</b>	<b>856,18 anni</b>

La sommatoria teorica di tutti i tempi di arrivo è risultata corrispondere a circa 856 anni.

Considerando che gli Autori hanno distinto sei classi a vulnerabilità verticale crescente, in base al tempo teorico di arrivo in falda di un eventuale inquinante, è possibile constatare, dalla successiva tabella, che tale parametro di valutazione del rischio di contaminazione è **molto basso**.

TEMPO DI ARRIVO	VULNERABILITA' VERTICALE
> 20 anni	Molto bassa
Da 10 a 20 anni	Bassa
Da 1 a 10 anni	Media
Da 1 settimana a 1 anno	Alta
Da 24 ore a 1 settimana	Elevata
< 24 ore	Molto elevata

La vulnerabilità orizzontale, invece, rappresenta la facilità con cui l'acquifero può diffondere un eventuale inquinante che l'abbia raggiunto; in tale fase la propagazione dell'inquinante avviene attraverso un percorso prevalentemente orizzontale lungo la direzione di deflusso della falda acquifera.

Il concetto di vulnerabilità orizzontale di un acquifero esprime quindi, la sua capacità di diffondere l'inquinante stesso una volta che questo abbia raggiunto la falda acquifera.

Uno dei parametri che meglio può quantificare la vulnerabilità orizzontale così definita è rappresentato dalla velocità di deflusso delle acque sotterranee.

All'aumentare, infatti, della velocità di deflusso sotterraneo, aumenta la velocità di propagazione di un eventuale inquinante e diminuisce la capacità di autodepurazione dell'acquifero.

La velocità di deflusso delle acque sotterranee può essere determinata sperimentalmente con la seguente relazione:

$$V_e = (K \times i) / n_e$$

dove:

$V_e$  = velocità reale effettiva di deflusso delle acque sotterranee (m/sec);

$K$  = conducibilità idraulica dell'acquifero oggetto d'emungimento (coefficiente di proporzionalità legato alla granulometria o coefficiente di permeabilità di Darcy), stimata, allo stato attuale delle conoscenze, pari a  $7 \cdot 10^{-3}$  (m/sec);

$i$  = gradiente idraulico dell'acquifero confinato artesian, stimato pari a 0.0025 (adimensionale);

$n_e$  = porosità efficace, stimata pari a 10 (%).

Nel caso in esame, considerando il gradiente idraulico tra la captazione ed il limite definito dal suo raggio d'influenza in pompaggio permanente a pieno regime e le valutazioni di carattere idrogeologico, la velocità teorica di deflusso risulta pari a 0,05519 Km/anno ( $5,52 \times 10^{-2}$ ).

Considerando che gli Autori hanno distinto sei classi a vulnerabilità orizzontale crescente, in base alla velocità di propagazione, nell'acquifero, di un eventuale inquinante, è possibile constatare, dalla seguente tabella, che tale parametro di valutazione del rischio di contaminazione è **basso**.

VELOCITA' (Km/anno)	VULNERABILITA' ORIZZONTALE
$< 10^{-3}$	Molto bassa
<b>Da <math>10^{-3}</math> a <math>10^{-1}</math></b>	<b>Bassa</b>
Da $10^{-1}$ a 1	Media
Da 1 a 10	Alta
Da 10 a $10^2$	Elevata
$> 10^2$	Molto elevata

La vulnerabilità complessiva rappresenta, infine, la suscettività di un acquifero a ricevere e diffondere un inquinante. Tiene quindi conto sia della vulnerabilità verticale, sia della vulnerabilità orizzontale.

La vulnerabilità totale risulta direttamente proporzionale alla velocità di flusso ed inversamente proporzionale al tempo di arrivo di un eventuale inquinante. Essa può quindi essere quantizzata tramite la seguente relazione:

$$VC = Ve / ta$$

dove:

VC = vulnerabilità complessiva (Km/anno<sup>2</sup>)

Ve = velocità di deflusso acque sotterranee (Km/anno)

ta = tempo di arrivo dell'inquinante (anni)

Considerando che gli Autori hanno distinto sei classi a vulnerabilità complessiva crescente, in base al rapporto tra la velocità di deflusso delle acque sotterranee ( $Ve = 5,52 \times 10^{-2}$  Km/anno) ed il tempo teorico di arrivo in falda di un eventuale inquinante ( $ta = 856$  anni circa), otteniamo una VC pari a  $6,45 \times 10^{-5}$  Km/anno<sup>2</sup>.

Dalla successiva tabella si evince che tale parametro di valutazione del rischio di contaminazione è **molto basso**.

VULNERABILITA' COMPLESSIVA
<b><math>&lt; 10^{-3}</math></b>
Da $10^{-3}$ a $10^{-2}$
Da $10^{-2}$ a $10^{-1}$
Da $10^{-1}$ a 10
Da 10 a $10^3$
$> 10^3$

#### 4. ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO FINALIZZATE ALLA DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE SISMICA NEI PIANI DI GOVERNO DEL TERRITORIO

##### 4.1 PREMESSA

Il terremoto è un fenomeno naturale connesso all'improvviso rilascio di energia, prodotto dalla fratturazione di rocce profonde della crosta terrestre, a seguito di un complesso processo di accumulo di energia direttamente connesso alla deformazione delle stesse rocce.

La fase di accumulo richiede tempi molto lunghi (decine - centinaia di anni) a fronte di tempi molto più ridotti (misurati in secondi per un dato evento) della fase di rilascio dell'energia.

Il fenomeno non è mai costituito da un evento isolato, ma il processo di rilascio di energia avviene attraverso una successione di terremoti (*periodo sismico*), e quindi attraverso una serie di fratture in un determinato intervallo di tempo, che può essere anche molto lungo (mesi o anni).

All'interno del periodo sismico (detto anche *sciame sismico*) è in genere possibile distinguere il terremoto più violento (scossa principale), da altri che lo precedono (*foreshock*) o lo seguono (*aftershock*). Talvolta le repliche possono presentare energie paragonabili alla scossa principale.

La zona sorgente si assimila ad un punto detto *ipocentro*, il corrispondente sulla superficie terrestre è detto *epicentro*. Tuttavia quando si parla di ipocentro di un terremoto non va inteso un punto preciso, come nel caso di un'esplosione sotterranea, ma una superficie di faglia di una certa ampiezza e variamente orientata.

Le rocce attorno alla frattura si deformano elasticamente: le singole particelle si allontanano dalla posizione di equilibrio e vi ritornano per azione delle forze elastiche di richiamo; così oscillando trasmettono la deformazione alle porzioni adiacenti.

Il luogo geometrico dei punti che vengono raggiunti dalla perturbazione nello stesso istante costituisce un fronte d'onda. La velocità di propagazione dipende da caratteri di elasticità del mezzo attraversato, diversi per ciascuno dei tipi di onde, oltre che dalla densità del mezzo stesso.

In estrema sintesi le onde sismiche possono essere così distinte:

- **onde P o primarie:** sono quelle onde che partendo direttamente dall'ipocentro, raggiungono per prime i sensori dei sismografi attraversando gli strati profondi della crosta terrestre. Sono onde di tipo longitudinale e viaggiano comprimendo e dilatando le rocce che attraversano;
- **onde S o secondarie:** raggiungono i sensori dei sismografi dopo un certo intervallo di tempo rispetto alle onde P (la velocità di propagazione è circa 2/3 di quella delle onde P). A differenza delle onde primarie, le onde S sono di tipo trasversale e si muovono con un moto simile all'ondeggiare di una frusta. Dal momento che viaggiano più lentamente rispetto alle onde primarie, confrontando i tempi di arrivo tra le onde P e le onde S è possibile determinare la distanza della stazione sismica dal luogo in cui è avvenuto il terremoto;

- **onde lunghe (o di superficie):** sono onde che si muovono sugli strati superficiali della crosta terrestre, con ampiezza molto variabile. Sono le onde responsabili dei maggiori danni in quanto danno luogo a fenomeni di scuotimento molto irregolari.

La misurazione di un terremoto avveniva nei secoli scorsi in base agli effetti prodotti e, secondo questo approccio, furono definite alcune scale di misurazione macrosimiche, la più famosa delle quali è la *Scala Mercalli*, poi modificata e attualmente impiegata come *Scala M.C.S.* (Mercalli – Cancani – Sieberg).

Le scale macrosismiche misurano *l'intensità* di un terremoto ovvero gli effetti che un terremoto produce sulle costruzioni, sul terreno e sulle persone: il suo valore cambia da luogo a luogo.

Viceversa la *magnitudo* di un terremoto è una grandezza che si rapporta con la quantità di energia trasportata da un'onda sismica e viene calcolata sulla base di misure effettuate sul sismogramma.

L'introduzione del concetto di magnitudo risale al 1935 ad opera di Richter, che in seguito definì la *magnitudo locale (Ml)*: correlata alla distanza dall'epicentro e all'ampiezza di registrazione (in genere delle onde S o P). In prima approssimazione si usa spesso la *magnitudo durata (Md)* correlata alla durata di registrazione.

Di conseguenza un terremoto è definito da un solo valore di magnitudo, ma da più valori di Intensità a seconda degli effetti locali che produce.

<b>magnitudo Richter</b>	<b>energia (joule)</b>	<b>grado Mercalli</b>
<b>&lt; 3.5</b>	$< 1.6 \times 10^7$	<b>I</b>
<b>3.5</b>	$1.6 \times 10^7$	<b>II</b>
<b>4.2</b>	$7.5 \times 10^8$	<b>III</b>
<b>4.5</b>	$4 \times 10^9$	<b>IV</b>
<b>4.8</b>	$2.1 \times 10^{10}$	<b>V</b>
<b>5.4</b>	$5.7 \times 10^{11}$	<b>VI</b>
<b>6.1</b>	$2.8 \times 10^{13}$	<b>VII</b>
<b>6.5</b>	$2.5 \times 10^{14}$	<b>VIII</b>
<b>6.9</b>	$2.3 \times 10^{15}$	<b>IX</b>
<b>7.3</b>	$2.1 \times 10^{16}$	<b>X</b>
<b>8.1</b>	$> 1.7 \times 10^{18}$	<b>XI</b>
<b>&gt; 8.1</b>	.	<b>XII</b>

Figura 6 - Tabella comparativa Grado Richter – Grado M.C.S.



#### 4.1.1. PERICOLOSITÀ, VULNERABILITÀ E RISCHIO

##### *PERICOLOSITÀ SISMICA*

La *PERICOLOSITÀ SISMICA* è la probabilità che si verifichi in un dato luogo o entro una data area ed entro un certo periodo di tempo un terremoto capace di causare dei danni.

In termini schematici si può parlare di:

*PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE* - La pericolosità sismica di base è intesa come la misura dello scuotimento al suolo atteso in un dato sito. La pericolosità di base definisce l'entità massima dei terremoti ipotizzabili per una determinata area in un determinato intervallo di tempo: è indipendente dalla presenza di manufatti e persone ed è correlata alle caratteristiche sismo-genetiche dell'area.

*PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE* - La pericolosità sismica locale rappresenta la modificazione indotta da particolari condizioni geologiche e/o morfologiche all'intensità con cui le onde sismiche si manifestano in superficie.

Per la determinazione della *PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE* si procede alla determinazione della sequenza temporale degli eventi sismici nel territorio considerato, ottenuta a partire dai dati contenuti in cataloghi storici dei terremoti.

Viceversa per la definizione della *PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL)* vengono considerate le condizioni geologiche e geomorfologiche locali, che possono produrre delle variazioni della risposta sismica e, tra queste, le aree che presentano particolari conformazioni morfologiche (quali creste rocciose, dorsali, scarpate), dove possono verificarsi focalizzazioni dell'energia sismica incidente. Variazioni dell'ampiezza delle vibrazioni e delle frequenze si possono avere anche alla superficie di depositi alluvionali e di falde di detrito, anche con spessori di poche decine di metri, a causa dei fenomeni di riflessione multipla e di interferenza delle onde sismiche entro il deposito stesso, con conseguenti modificazioni rispetto al moto di riferimento.

Altri casi di comportamento sismico anomalo dei terreni sono quelli connessi con le deformazioni permanenti e/o cedimenti dovuti a liquefazione di depositi sabbiosi saturi di acqua o a densificazioni dei terreni granulari sopra la falda, nel caso si abbiano terreni con caratteristiche meccaniche scadenti.

Sono da segnalare i problemi connessi con i fenomeni di instabilità di vario tipo, come quelli di attivazioni o riattivazione di movimenti franosi e crolli di massi da pareti rocciose.

In relazione alla *PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL)*, va definita l'*Amplificazione locale*, ovvero il rapporto tra l'accelerazione di picco in superficie e l'accelerazione di picco del substrato. L'accelerazione di picco in superficie può dunque essere aumentata dalle condizioni morfologiche, geologiche e geotecniche.

L'acquisizione delle conoscenze circa la *PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL)* è demandata a studi di dettaglio ed in particolare agli studi di *microzonazione sismica (MZS)*, che costituiscono la base di ogni politica di difesa dai terremoti, prima e dopo gli eventi sismici. Ne consegue che la prevenzione del rischio sismico trova la sua naturale applicazione nella programmazione territoriale e nella pianificazione urbanistica.

Per quanto concerne lo studio della *PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE*, sono state avviate numerose attività di ricerca, la più importante delle quali ha portato nell'aprile 2004 alla redazione della nuova *Carta della pericolosità sismica del territorio italiano* (Fig.7), unitamente al relativo rapporto tecnico-scientifico ([http://zonesismiche.mi.ingv.it/mappa\\_ps\\_apr04/italia.html](http://zonesismiche.mi.ingv.it/mappa_ps_apr04/italia.html)).

Le sempre maggiori conoscenze in materia portano a far ritenere che gli elaborati sin qui prodotti siano da considerare un importante punto di partenza per le scelte tecnico-amministrative (classificazione sismica), senza tuttavia escludere possibili modifiche e aggiornamenti nel tempo.

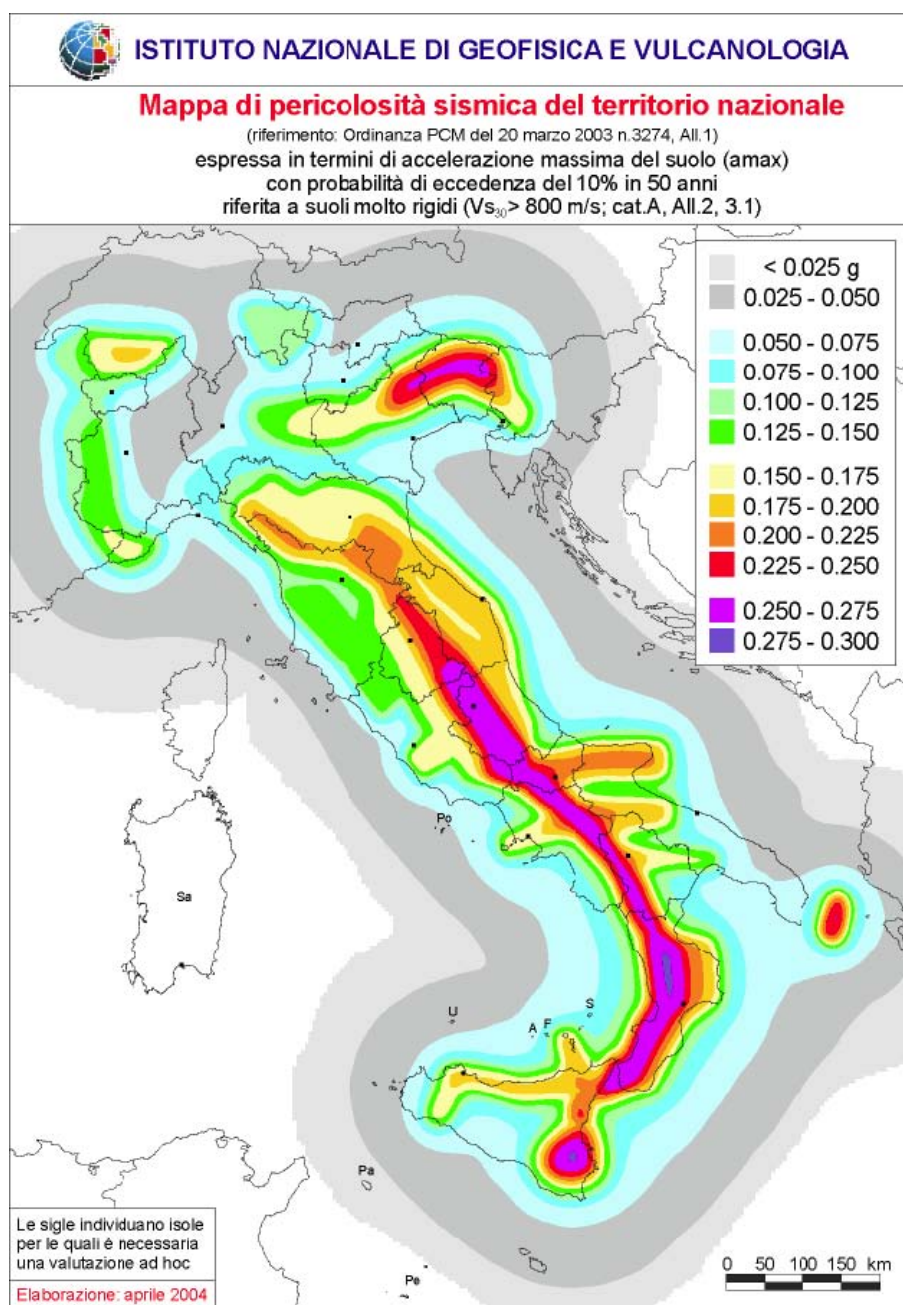


Figura 7 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV, aprile 2004)

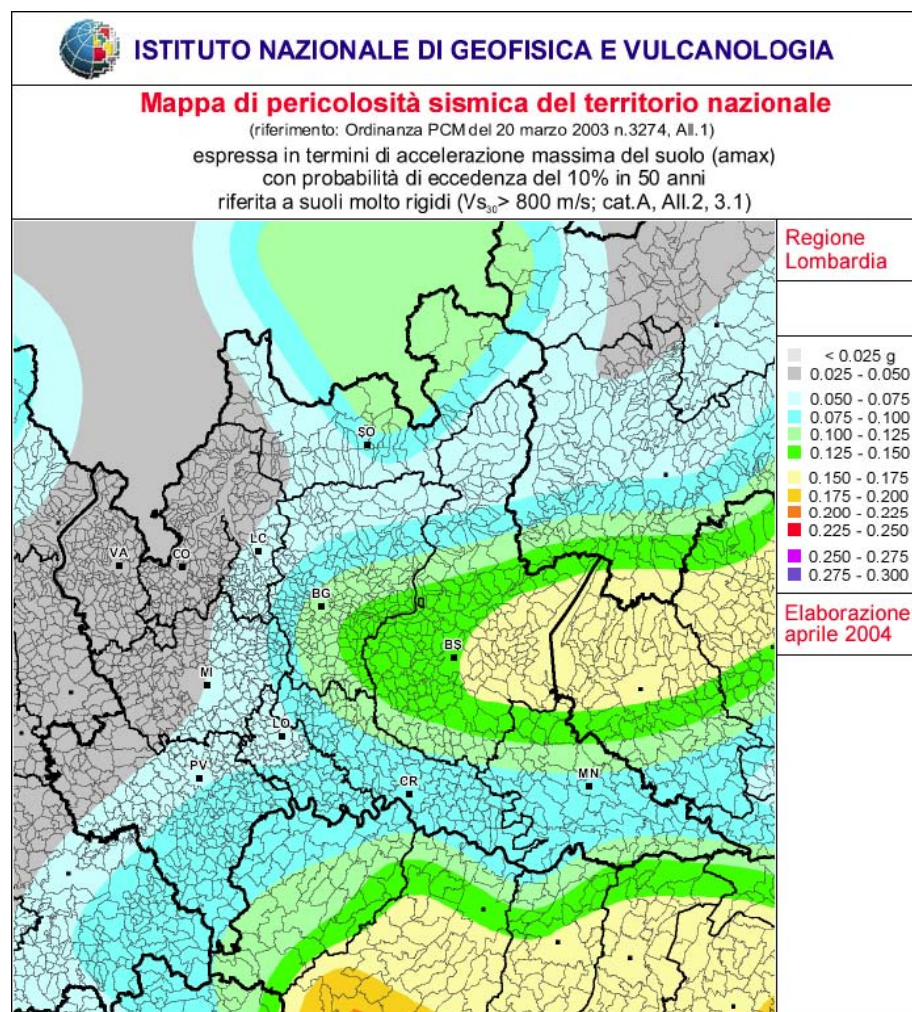
Nella nuova Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo ( $a_{max}$ ) per suoli molto rigidi ( $V_{S30} > 800$  m/sec, cat. A, paragrafo 4.3.1), viene rappresentata l'attesa probabilistica di terremoti (periodo di ritorno  $T_r = 475$  anni), caratterizzati da maggiore o minore energia.

Osservando la mappa emerge chiaramente come le aree in cui l'attesa sismica è più significativa corrispondono al settore nord-orientale (Friuli Venezia Giulia e parte del Veneto), l'Appennino settentrionale, l'Appennino centrale e meridionale, l'arco calabro e la Sicilia orientale.

Dall'esame della mappa di dettaglio per la Regione Lombardia (Fig. 8), si può osservare che la Provincia di Pavia è ricompresa in valori di  $a_{max}$  mediamente bassi ( $0.025 \text{ g} < a_{max} < 0.125 \text{ g}$ ).

Tali valori di picco sono indotti da attività sismica proveniente dalle vicine aree sismogenetiche nord-appenninica e gardesana.

Va comunque precisato che nel rapporto conclusivo, gli stessi estensori della Mappa suggeriscono comunque di non trascurare la sismicità delle aree rappresentate in grigio, poiché anche in queste zone possono manifestarsi terremoti con intensità significativa ( $M = 5$ )



**Figura 8** - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale.  
 Dettaglio per la Regione Lombardia (INGV, aprile 2004)

### *VULNERABILITÀ SISMICA*

La *VULNERABILITÀ SISMICA* consiste nella valutazione della propensione di persone, beni o attività a subire danni al verificarsi dell'evento sismico. Essa misura da una parte la perdita o la riduzione di efficienza, dall'altra la capacità residua a svolgere e assicurare le funzioni che il sistema territoriale nel complesso normalmente esplica a regime.

Nell'ottica di una analisi completa della vulnerabilità si pone il problema di individuare non solo i singoli elementi che possono collassare sotto l'impatto del sisma, ma di individuare e quantificare gli effetti che il loro collasso determina sul funzionamento del sistema territoriale.

Le componenti che concorrono alla definizione del concetto di *VULNERABILITÀ* possono essere distinte in:

- *VULNERABILITÀ DIRETTA*: definita in rapporto alla propensione del singolo elemento fisico a subire danni (es: la vulnerabilità di un edificio o di un viadotto)
- *VULNERABILITÀ INDOTTA*: definita in rapporto agli effetti di crisi dell'organizzazione del territorio generati dal collasso / danneggiamento di uno degli elementi fisici (es: la crisi del sistema di trasporto indotto dall'interruzione di una strada)
- *VULNERABILITÀ DIFFERITA*: definita in rapporto agli effetti che si manifestano nella fasi successive all'evento e tali da modificare il comportamento delle popolazioni (es: il disagio della popolazione causa la riduzione occupazionale per il danneggiamento di attività produttive).

Tra i principali elementi fisici della vulnerabilità vanno ricordati:

- danneggiamenti e/o crolli ad edifici residenziali
- danneggiamento e/o crolli ad edifici di pubblico servizio o produttivi
- danneggiamenti al sistema viario e dei trasporti e/o infrastrutture di servizio
- crolli, frane e modifiche all'ambiente naturale.

### *RISCHIO SISMICO*

*La seguente definizione e relativi commenti sono tratti da recenti pubblicazioni che il G.N.D.T. (Gruppo Nazionale Difesa Terremoti del C.N.R.) ha pubblicato sull'argomento.*

Qualsiasi terremoto sufficientemente forte produce tre tipi di effetti principali: sul suolo, sugli edifici e sulle persone.

Pertanto, dato un evento sismico di caratteristiche prefissate, il *RISCHIO SISMICO* è dipendente dall'estensione e dalla tipologia della zona interessata dall'evento, dal valore dei beni esposti e dal numero di persone coinvolte.

Per un sistema urbanizzato il *RISCHIO SISMICO* (R) può essere descritto simbolicamente dalla relazione:

$$R = Pr \cdot (Pl \cdot Eu \cdot Vs)$$

In cui:

*Pr*    *pericolosità di riferimento*

definisce l'entità massima dei terremoti ipotizzabili per una determinata area in un determinato intervallo di tempo. Questo fattore è indipendente dalla presenza di manufatti o persone, non può essere in alcun modo modificato dall'intervento umano essendo esclusivamente correlato alle caratteristiche sismogenetiche dell'area interessata. Costituisce l'input energetico, in base al quale commisurare gli effetti generabili da un evento sismico.

*Pl*    *pericolosità locale*

rappresenta la modificazione indotta da condizioni geologiche particolari e dalla morfologia del suolo all'intensità con cui le onde sismiche si manifestano in superficie.

*Eu*    *esposizione urbana*

descrive tutto quanto esiste ed insiste su di un determinato territorio, dalla consistenza della popolazione, al complesso del patrimonio edilizio - infrastrutturale e delle attività sociali ed economiche.

*Vs*    *vulnerabilità del sistema urbano*

è riferita alla capacità strutturale che l'intero sistema urbano o parte di esso ha di resistere agli effetti di un terremoto di data intensità. Può essere descritta per mezzo di indicatori sintetici come la tipologia insediativa, o dalla combinazione di parametri quali materiale, struttura, età, numero di piani ecc., al fine di definire zone a vulnerabilità omogenea.

## 4.2 INFORMAZIONI RELATIVE ALLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO COMUNALE DI MAGHERNO

### 4.2.1 DATI STORICI

Per lo studio del fenomeno terremoti, è fondamentale poter disporre di informazioni relativamente al passato, in quanto i terremoti, essendo provocati da cause geologiche, si ripresentano sempre nei medesimi areali.

La ricerca su quanto avvenuto in passato si è avvalsa dei cataloghi predisposti dalla Comunità scientifica ed in particolare della documentazione prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.).

Più in dettaglio sono stati esaminati:

- il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), I.N.G.V., Bologna.
- il Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani (DBMI04) utilizzate per la compilazione dello stesso catalogo parametrico (CPTI04).

Attraverso l'accesso via web al Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani (DBMI04), realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia per la compilazione del catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI04) è possibile disporre delle osservazioni macrosismiche di tutto il territorio italiano attraverso due modalità: *consultazione per terremoto di riferimento* ovvero *consultazione per località*.

La consultazione per località permette di visionare la storia sismica delle località italiane presenti almeno tre volte in DBMI04 (5325 località in totale). Al click sulla località prescelta comparirà nel *frame* l'elenco dei terremoti in cui essa è citata.

La tabella della storia sismica è ordinabile per intensità al sito (*I<sub>s</sub>*) ovvero per anno di accadimento del fenomeno. La stessa tabella è salvabile in formato MS Excel.

E' inoltre disponibile il diagramma della storia sismica del sito, limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5.

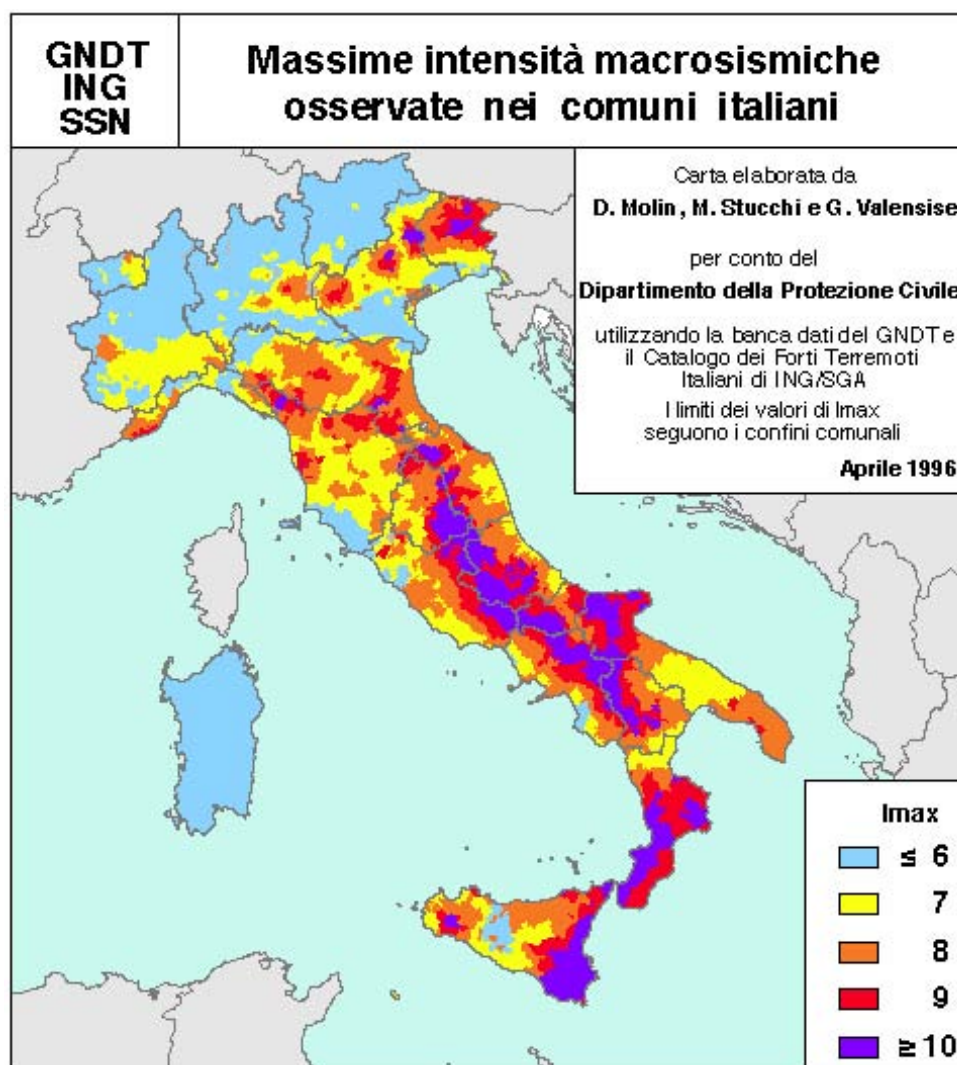
Anche i diagrammi sono consultabili sia in modalità statica, tramite semplici immagini in formato GIF, sia in modalità interattiva per chi ha installato il plug-in Adobe SVG Viewer.

In modalità interattiva vengono visualizzati i dati relativi ai terremoti al passaggio del puntatore e cliccando sui pallini verrà aperta una finestra in pop-up con la tabella delle osservazioni e relativa mappa. I diagrammi delle storie sismiche sono salvabili in formato PNG ad alta risoluzione cliccando sull'apposito bottone.

Entrambi gli strumenti sono stati impiegati da appositi gruppi di lavoro per la redazione di studi fondamentali, quali la "*Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani*" (Fig. 9) e la "*Mappa di pericolosità sismica*" di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche.



Per quanto riguarda la Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani, si tratta di un elaborato che, per quanto sia stato prodotto alla metà degli anni '90, rappresenta a tutt'oggi un utile strumento di riferimento per l'approccio al rischio sismico.



**Figura 9 - Massime intensità Macrosismiche osservate in Italia (Fonte I.N.G.V.)**

In Figura 10 è riportata la situazione in dettaglio per quanto riguarda le massime intensità macrosismiche osservate in Lombardia. Trattandosi di un elaborato che utilizza i limiti comunali quale cella unitaria, l'aspetto a "macchie di leopardo" che ne deriva, necessita di un'interpretazione elastica alla luce delle conoscenze geologico - morfologiche e tettonico - strutturali che sono alla base del fenomeno sismico.

In ogni caso appare evidente che vengono confermate aree più significative sotto il profilo sismico, quelle del bresciano e dell'oltrepò pavese, mentre vanno approfondite le motivazioni dei risentimenti nel milanese ( $I_{max} = 7$ ).

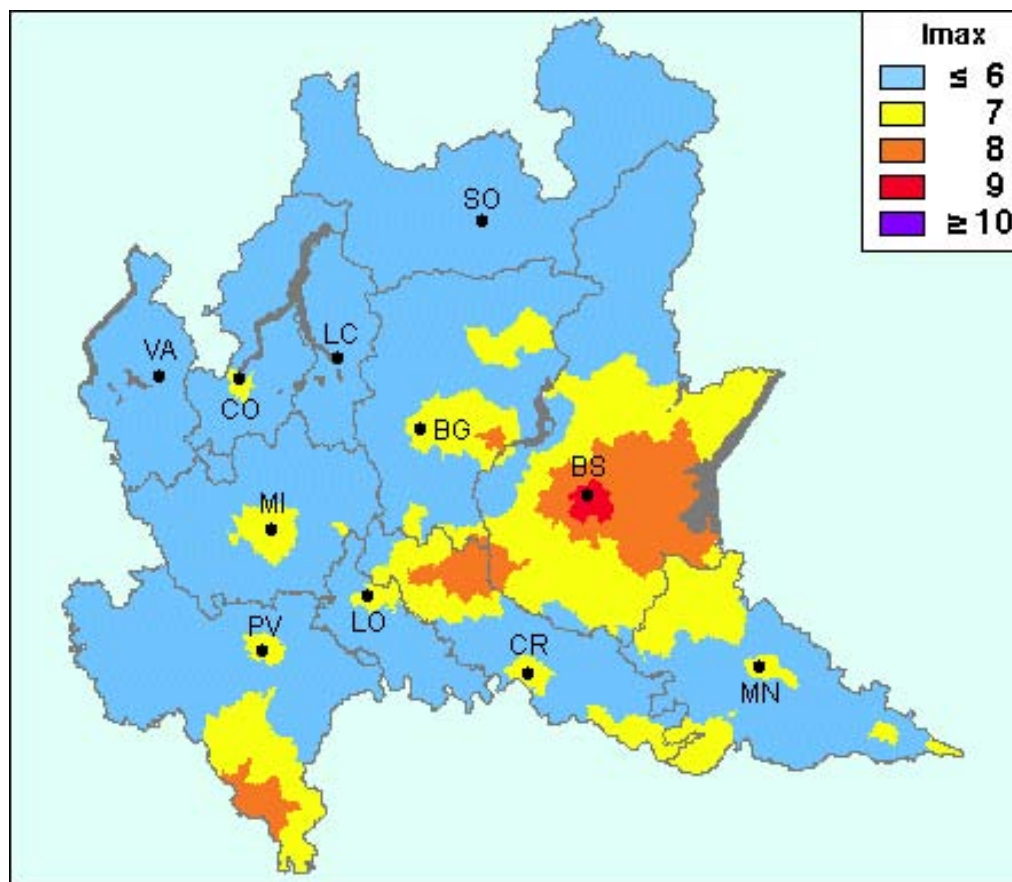


Figura 10 - Massime intensità macrosismiche registrate in Lombardia (fonte INGV)

#### 4.2.2 DATABASE MACROSISMICO ITALIANO 2004 (DBMI04) - ESTRAZIONE DEI DATI

Dalla consultazione del Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani (DBMI04) per località (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/consultazione/localita.php?visualizzazione=bitmap>), non sono emerse osservazioni relative al comune di Magherno. Il database riporta invece osservazioni relative ai comuni di Corteolona e Chignolo Po che, vista la loro vicinanza al territorio studiato, si ritiene per le finalità del presente lavoro possano essere assunte a riferimento.

La storia sismica dell'areale di Corteolona / Chignolo Po è segnalata a partire dal 1895, con 6 osservazioni accertate (Fig. 11a - 11b), tra cui l'evento massimo rappresentato dal terremoto del 7 settembre 1920, con area epicentrale nella Garfagnana. Tra gli ultimi eventi sismici va citato il terremoto molto più recente del 9 novembre 1983, con area epicentrale nel parmense.

A questo potrebbe essere ragionevolmente aggiunto anche il recente sisma del 24.11.2004 che ha avuto come epicentro la zona di Salò, sulla sponda bresciana del Lago di Garda.



Tutti gli eventi documentati negli ultimi 1000 anni non hanno mai raggiunto nel pavese la soglia dell'8° grado della scala MCS, anche se nelle rispettive zone epicentrali questi effetti sono stati abbondantemente superati.

Effetti	In occasione del terremoto:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw
F	1920	09	07	05	55	40	Garfagnana	9-10	6.48
NF	1905	04	29	01	46	45	Alta Savoia	7-8	5.79
NF	1987	05	02	20	43	53	REGGIANO	6	5.05

Fig. 11a - Elenco dei terremoti in cui risulta citata la località di Corteolona (PV)

Effetti	In occasione del terremoto:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw
4	1885	02	26	20	48		SCANDIANO	6	5.22
4	1983	11	09	16	29	52	Parmense	6-7	5.10
F	1891	06	07	01	06	14	Valle d'Illasi	8-9	5.71

Fig. 11b - Elenco dei terremoti in cui risulta citata la località di Chignolo Po (PV)

Is Intensità al sito (MCS)

AE Denominazione dell'area dei maggiori effetti

Io Intensità epicentrale (MCS)

Mw Magnitudo momento

Per quanto riguarda la storia sismica di Corteolona / Chignolo Po, va infine sottolineato come dalla consultazione del Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani (DBMI04), non risultano presenti osservazioni riferite a terremoti con intensità al sito (Is) uguale o superiore a 4-5.

A completamento dell'analisi storica, sono stati estratti 44 terremoti dal Catalogo CPTI04, che hanno avuto intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5 (cfr. Tabella di pagina seguente).

DATA						AE	Ix	Io	Mw	Is
An	Me	Gi	Ora	Mi	Se	Denominazione dell'area dei maggiori effetti	Intensità massima (MCS)	Intensità epicentrale (MCS)	Magnitudo momento	Intensità al sito (MCS)
1117	1	3	13			Veronese	9	9-10	6,49	D
1541	10	22	18			VALLE SCRIVIA	8	8	5,48	4
1695	2	25	5	30		Asolano	10	9-10	6,61	4-5
1759	5	26	1	30		PAVIA	6	6	4,83	6
1802	5	12	9	30		Valle dell'Oglio	8-9	8	5,67	6
1810	12	25	0	45		NOVELLARA	7	7	5,28	4
1826	6	24	12	15		SALO'	5-6	5-6	4,74	2-3
1828	10	9	2	20		Valle dello Staffora	8	7-8	5,67	6
1832	3	13	3	30		Reggiano	7-8	7-8	5,59	F
1854	12	29	1	45		Liguria occidentale	7-8	7-8	5,77	3-4
1875	3	17	23	51		Romagna sud-orient.	8	8	5,74	2
1885	2	26	20	48		SCANDIANO	6	6	5,22	3
1887	2	23	5	21	50	Liguria occidentale	10	9	6,29	4-5
1891	6	7	1	6	14	Valle d'Ilasi	9	8-9	5,71	4
1892	1	5				GARDA OCC.	7-8	6-7	4,96	4
1894	11	27				FRANCIACORTA	6-7	6-7	4,95	2-3
1895	3	23				COMACCHIO	6-7	6	4,83	RS
1896	10	16				ALBENGA	6	6	4,90	RS
1898	1	16	12	10	5	Romagna settent.	7	6-7	5,03	NF
1898	3	4				CALESTANO	7	6-7	5,07	3
1901	10	30	14	49	58	Salo'	8	8	5,67	5
1902	6	27	16	48		CASENTINO	6	6	4,83	RS
1905	11	26				IRPINIA	7-8	7	5,32	RS
1907	4	25	4	52		BOVOLONE	6	6	4,94	RS
1908	7	10	2	13	35	Carnia	7-8	7-8	5,34	NF
1909	1	13	0	45		BASSA PADANA	6-7	6-7	5,53	4
1909	8	25	0	22		MURLO	7-8	7-8	5,40	RS
1911	9	13	22	29		CHIANTI	7-8	7	5,14	RS
1913	12	7	1	28		NOVI LIGURE	5	5	4,72	5
1914	10	27	9	22		GARFAGNANA	7	7	5,79	4
1914	10	26	3	45		TAVERNETTE	7	7	5,36	F
1915	1	13	6	52		AVEZZANO	11	11	6,99	NF
1920	9	7	5	55	40	Garfagnana	10	9-10	6,48	5
1945	6	29	15	37	13	Valle dello Staffora	7-8	7-8	5,15	4-5
1945	12	15	5	27		VARZI	6	5-6	4,78	2-3
1951	5	15	22	54		LODIGIANO	6	6-7	5,24	6
1960	3	23	23	8	49	Vallese	6-7	6-7	5,36	3
1967	12	9	3	9		ADRIATICO MER.	5	6	4,83	RS
1971	7	15	1	33	23	Parmense	8	7-8	5,61	3
1972	10	25	21	56		PASSO CISA	5	5	4,95	4
1976	5	6	20			FRIULI	9-10	9-10	6,43	3-4
1976	9	15	9	21	18	Friuli	8-9	8-9	5,92	4
1983	11	9	16	29	52	Parmense	7	6-7	5,10	4
1987	5	2	20	43	53	REGGIANO	6	6	5,05	3-4

Tabella 1 - Osservazioni sismiche a Pavia

Dall'esame della tabella si osserva che gli epicentri dei terremoti selezionati ricadono in 14 casi nella zona sismogenetica ZS911 ("arco di Pavia" e strutture tettoniche connesse).

L'accenno alle zone sismogenetiche, ricorda la stretta relazione che intercorre tra i cataloghi parametrici sismici e le varie zone del territorio nazionale, distinguibili tra loro perché all'interno di ciascuna è individuabile un modello sismotettonico omogeneo.

La più recente zonazione del territorio nazionale, denominata ZS9, è stata presentata nell'appendice 2 al Rapporto conclusivo del Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica, di cui all'Ordinanza PCM 20.03.2003, n°3274.

Si tratta di un'evoluzione della precedente zonazione denominata ZS4 (1996) e pur confermandone il quadro cinematico generale, ha introdotto importanti modifiche, rese possibili dalle conoscenze più recenti sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche.

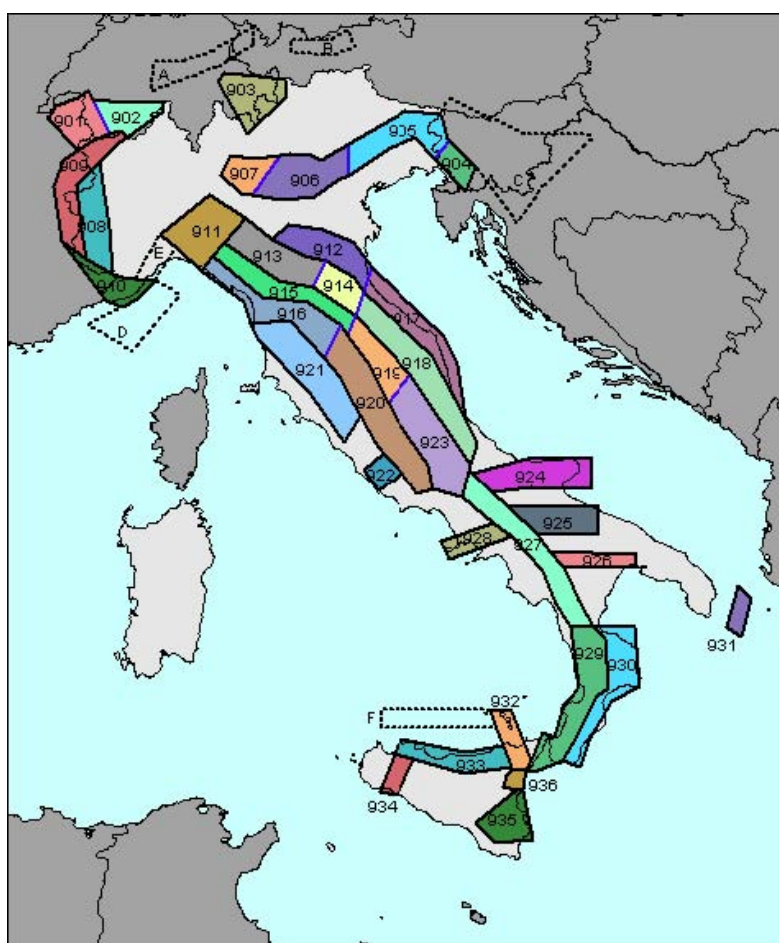


Figura 12

*Zonazione sismogenetica ZS9 (da Rapporto conclusivo del Gruppo di lavoro per la redazione della Mappa di pericolosità sismica – INGV, aprile 2004)*

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia Database Macrosismico Italiano 2004 (DBMI04)

Il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/> Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38. Stucchi et alii. (2007).

#### 4.3 QUADRO NORMATIVO NAZIONALE E REGIONALE

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*", pubblicata sulla G.U. n°105 dell'8 maggio 2003 Supplemento ordinario n°72, sono state individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale, e fornita le normative tecnica da adottare per le costruzioni nelle stesse zone sismiche.

La Regione Lombardia, con D.G.R. n°14964 del 7 novembre 2003, ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata Ordinanza 3274/03.

L'Ordinanza n°3274, in regime transitorio più volte prorogato fino al 23.10.2005, è stata ripresa nel D.M. 14 settembre 2005 "*Norme tecniche per le costruzioni*", pubblicato sulla G.U. n°222 del 23 settembre 2005, Supplemento ordinario n°159 e successivamente nel D.M. 14 gennaio 2008 - "*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*", pubblicato sulla G.U. n°29 del 4 febbraio 2008 – Supplemento Ordinario n°30.

A far tempo da tale data è confermata quindi la nuova classificazione sismica del territorio nazionale, così come deliberato dalle singole regioni, e le relative normative, con regime transitorio di 18 mesi a partire dal 23.10.2005 - inizialmente prorogato al 31.12.2007 - (possibilità cioè di applicare la nuova normativa o in alternativa quella previgente individuata dal D.M. 16.01.1996).

Con la pubblicazione sulla G.U. n°302 del 31 dicembre 2007 del D.L. n°248/2007, recante "*Proroga di termini previsti da disposizioni legislative e disposizioni urgenti in materia finanziaria*", viene ulteriormente prorogato il regime transitorio per l'operatività delle norme tecniche per le costruzioni e la loro conseguente applicazione, di cui al D.M. 14.09.2005 "*Norme tecniche per le costruzioni*", dalla scadenza già prorogata al 31 dicembre 2007 sino al 30 giugno 2009, in attesa che vengano pubblicate in gazzetta le nuove norme tecniche.

La nuova classificazione sismica è articolata in 4 zone (rifer. Tabella 2), le prime tre corrispondono, dal punto di vista degli adempimenti previsti dalla Legge 64/74 e s.m. e i., alle zone di sismicità alta (zona 1 ovvero S=12), media (zona 2 ovvero S=9) e bassa (zona 3 ovvero S=6); nella zona 4, di nuova introduzione, è data facoltà alle regioni di imporre l'obbligo della progettazione antisismica.

La Regione Lombardia, con la citata D.G.R. n°14964 del 7 novembre 2003, ha imposto in zona 4, all'interno della quale risulta ricadere anche il Comune di Magherno, l'obbligo della progettazione antisismica per le sole costruzioni "*strategiche e rilevanti*", così come rilevate dal Decreto n°19904 del 21.11.2003.

In sintesi, si è quindi passati dalla precedente classificazione sismica di cui al D.M. 5 marzo 1984, che individuava 41 comuni distribuiti tra le province di Bergamo, Brescia, Cremona e Pavia, tutti in zona 2, alla attuale classificazione sismica, con:

- 41 comuni in zona 2 distribuiti tra le province di Bergamo, Brescia, Cremona, e Pavia,
- 238 comuni in zona 3 distribuiti tra le province di Bergamo, Brescia, Mantova e Pavia
- i restanti 1267 comuni della regione in zona 4

La nuova normativa introduce inoltre, per la definizione delle azioni sismiche di progetto, cinque categorie principali di sottosuolo, individuate dai valori della velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri di sottosuolo ( $V_{S30}$ ), mettendo così in evidenza l'importanza nella progettazione, oltre che dei normali parametri geotecnici del terreno di fondazione, anche di quelli elastici, ed enfatizzando l'importanza della velocità delle onde di taglio ( $V_S$ ) che meglio rappresenta la variabilità geotecnica dei terreni in risposta sismica.

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
Bergamo	=	4	85	155
Brescia	=	32	116	58
Como	=	=	=	163
Cremona	=	4	=	111
Lecco	=	=	=	90
Lodi	=	=	=	61
Mantova	=	=	21	49
Milano	=	=	=	188
<b>Pavia</b>	<b>=</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>173</b>
Sondrio	=	=	=	78
Varese	=	=	=	141
<b>TOTALE</b>	<b>=</b>	<b>41</b>	<b>238</b>	<b>1267</b>

Tabella 2

*Classificazione del territorio regionale a seguito dell'entrata in vigore dell'O.P.C.M. 3274/03*

Per quanto concerne la Provincia di Pavia, il raffronto tra il precedente quadro normativo e l'attuale, evidenzia quanto riportato in Tabella 3.

<b>Rischio sismico: classificazione del territorio in Provincia di Pavia</b>				
<b>Vecchia Classificazione (D.M. 5 marzo 1984)</b>	<b>Grado di sismicità alto S = 12</b>	<b>Grado di sismicità medio S = 9</b>	<b>Grado di sismicità basso S = 6</b>	
<b>Comuni interessati</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	
<b>Classificazione a seguito dell'entrata in vigore dell' O.P.C.M. 3274/03</b>	<b>Zona 1</b>	<b>Zona 2</b>	<b>Zona 3</b>	<b>Zona 4</b>
<b>Comuni interessati</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>173</b>

Tabella 3

*Provincia di Pavia - Raffronto tra il precedente quadro normativo e l'attuale*

#### 4.3.1 AZIONE SISMICA - CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

La normativa prevede l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del sottosuolo ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, mediante l'individuazione di cinque categorie di sottosuolo di riferimento (A - B - C - D - E), più altri due speciali (S1 e S2).

Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

- A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{S30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 metri.
- B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $N_{SPT30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $CU_{30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).
- C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < CU_{30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).
- D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $N_{SPT30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $CU_{30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).
- E Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 metri, posti sul substrato di riferimento (con  $V_s > 800$  m/s).

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo (\*), ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{S30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità.

(\*) Per *volume significativo* di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso.

**La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata.** Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (*Standard Penetration Test*)  $N_{SPT30}$  nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente  $CU_{30}$  nei terreni prevalentemente a grana fina.

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori due categorie S1 ed S2 di seguito indicati, è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

- S1** Depositi di terreni caratterizzati da valori di  $V_{S30}$  inferiori a 100 m/s (ovvero  $10 < CU_{30} < 20$  kPa), che includono uno strato di almeno 8 metri di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 metri di torba o di argille altamente organiche.
- S2** Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Il parametro  $V_{S30}$  utilizzato per la classificazione del terreno corrisponde alla velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 metri di profondità dal piano di posa delle fondazioni e viene calcolato con la seguente espressione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} \quad (1)$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano rispettivamente lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 metri superiori.

In assenza d'informazioni sulle velocità delle onde di taglio, il sito sarà classificato sulla base del valore della resistenza penetrometrica  $N_{SPT}$  ovvero della coesione non drenata  $C_u$ .

#### 4.3.2 AZIONE SISMICA - ZONE SISMICHE

Ai fini dell'applicazione di questa normativa, il territorio nazionale viene suddiviso in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore dell'accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A ( $a_g$ ).

I valori di ( $a_g$ ), espressi come frazione dell'accelerazione di gravità ( $g$ ), da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono riportati nella tabella seguente, unitamente ai valori di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g/g$ ).

La procedura messa a punto fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) e può essere implementata considerando altri periodi di ritorno.

ZONA	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA SU SUOLO DI CATEGORIA A  ( $a_g$ )	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (NORME TECNICHE)  ( $a_g/g$ )	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI  ( $a_g/g$ )
1	0,35g	0,35	> 0,25
2	0,25g	0,25	0,15-0,25
3	0,15g	0,15	0,05-0,15
4	0,05g	0,05	<0,05

Si nota come per il Comune di Magherno, incluso nella zona sismica 4, l'accelerazione orizzontale di picco con probabilità di superamento del 10% in 50 anni ( $a_g/g$ ) è inferiore a 0,05 g e l'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g/g$ ) è fissato pari a 0,05.

Per ogni categoria di suolo di fondazione l'O.P.C.M. n°3274 del 20 marzo 2003 indica un fattore S (che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione), variabile tra 1 e 1,35, moltiplicatore dell'accelerazione  $a_g$  relativa alla zona indagata.

Per le diverse categorie di terreno, il livello di sismicità di una specifica area viene caratterizzato attraverso il valore dell'accelerazione massima ( $a_g S$ ) e vengono anche definiti i periodi  $T_B - T_C - T_D$  che individuano la forma della componente orizzontale e della componente verticale dell'azione sismica.

Categoria suolo	S	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A	1,0	0,15	0.40	2.0
B, C, E	1,25	0.15	0.50	2.0
D	1,35	0.20	0.80	2.0

*Valori dei parametri dello spettro di risposta elastica della componente orizzontale*

Categoria suolo	S	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B, C, D, E	1,0	0,05	0.15	1.0

*Valori dei parametri dello spettro di risposta elastica della componente verticale*

In definitiva, in un determinato sito il moto sismico è definito da uno spettro di risposta elastico la cui espressione dipende, tramite opportuni coefficienti numerici, dalle caratteristiche del terreno (fattore S e periodi  $T_B - T_C - T_D$ ), dal periodo di vibrazione proprio della struttura ( $T_0$ ), dall'accelerazione al suolo ( $a_g$ ) e del fattore  $\eta$  che tiene conto dello smorzamento viscoso della struttura.



#### 4.4 METODOLOGIA UTILIZZATA PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI SISMICI DI SITO

In adempimento a quanto previsto delle predette normative nazionali, la Regione Lombardia con D.G.R. n°8.1566.2005 del 22.12.2005 "*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*", ha individuato una apposita metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, fondata sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione regionali, i cui risultati sono contenuti in uno "Studio – Pilota" redatto dal Politecnico di Milano – Dip. di Ingegneria Strutturale, reso disponibile sul SIT regionale.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento, di seguito sintetizzati (il 1° e il 2° relativi alla fase pianificatoria; il 3° alla fase progettuale):

**1° livello** Riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti. Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la classificazione e la perimetrazione delle aree suscettibili di amplificazione sismica (*aree a Pericolosità Sismica Locale - PSL*).

**2° livello** Caratterizzazione semi - quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree individuate dalla carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di *Fattore di Amplificazione (Fa)*. Il confronto con il valore soglia fornito dalla Regione Lombardia per ciascun Comune (vedi tabella seguente) consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale ( $F_a$  calcolato, superiore a  $F_a$  di soglia). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore (ad es. i comuni in zona 3 utilizzeranno i valori previsti per la zona 2).

Comune di Magherno Valori di soglia del <i>Fattore di Amplificazione (Fa)</i>	Suolo tipo A	Suolo tipo B-C-E	Suolo tipo D
VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s	0,70	1,00	1,00
VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s	1,00	1,50	2,50

*Per il Comune di Magherno, ricadente in zona sismica 4, l'applicazione di tale livello è obbligatoria, all'interno delle aree PSL Z3 e Z4, solo nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi del d.d.u.o. n°19904/2003; ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.*

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e per le zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1a, Z1b, Z1c, Z2 e Z5 della Tabella 5) non è prevista l'applicazione degli studi di 2° livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello, come specificato al punto successivo.

**3° livello** Definizione quantitativa degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. Tale livello si applica in fase progettuale, obbligatoriamente, nei seguenti casi:

- nelle zone sismiche 2 e 3, quando l'indagine di 2° livello (zone Z3 e Z4) indica un fattore di amplificazione  $F_a$  maggiore del valore soglia comunale e in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità (zone Z1), cedimenti e/o liquefazione (zone Z2) e zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z5).
- nelle zone sismiche 4, quando l'indagine di 2° livello indica un fattore di amplificazione  $F_a$  maggiore del valore soglia comunale e, limitatamente agli edifici strategici e rilevanti, in presenza di aree perimetrate Z1, Z2 e Z5

Il 3° livello è obbligatorio anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede 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.

Gli approfondimenti di 2° e 3° livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica. Nella Tabella 4 vengono sintetizzati gli adempimenti e le tempistiche in funzione della zona sismica di appartenenza.

In sintesi, la metodologia utilizzata, con riferimento alla D.G.R. n°8.1566.2005, prevede quindi 3 livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente: i primi due livelli (1° livello e 2° livello) sono obbligatori in fase di pianificazione (con le opportune differenze in funzione della zona sismica di appartenenza, come meglio specificato nel testo della direttiva), mentre il 3° livello è obbligatorio in fase di progettazione nei casi sopra specificati.

Livelli di approfondimento e fasi di applicazione				
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria Obbligatorio per situazioni specifiche		3° livello fase progettuale Obbligatorio per situazioni specifiche
Zona sismica 2-3	Obbligatorio in generale	Obbligatorio:	Nelle zone PSL Z3 e Z4  se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già dichiarate inedificabili	Nelle aree indagate con il 2° livello, quando Fa calcolato è maggiore del valore soglia comunale;  Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5.
Zona sismica 4	Obbligatorio in generale	Obbligatorio:	Nelle zone PSL Z3 e Z4  solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato è maggiore del valore soglia comunale;  Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5 per edifici strategici e rilevanti

Tabella 4

*Livello di approfondimento dello studio in relazione alla zona sismica di appartenenza*

#### 4.5 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE DEL TERRITORIO COMUNALE DI MAGHERNO SECONDO LE INDICAZIONI DELLE D.G.R. 22 DICEMBRE 2005, N°8/1566

Per il Comune di Magherno, ricadente in zona sismica 4 (quella a minor grado di sismicità, definita come "bassa sismicità"), la D.G.R. 22 dicembre 2005, n°8/1566 prevede obbligatoriamente, in fase pianificatoria, l'applicazione del primo livello di approfondimento.

Esso consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti. Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di:

- osservazioni geologiche
- raccolta dei dati disponibili (cartografia topografica di dettaglio, cartografia geologica e dei dissesti)
- risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

Perciò, salvo per quei casi in cui non siano disponibili informazioni geotecniche di alcun tipo, nell'ambito del 1° livello di approfondimento non sono necessarie nuove indagini geotecniche.

Per quanto riguarda il territorio comunale di Magherno, lo studio relativo al primo livello di approfondimento è consistito in:

- analisi dei dati esistenti, già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento (Tavola n°1 "CARTA GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICA"; Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO")
- redazione della Tavola n°4 "CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) CON UBICAZIONE DEI DATI LITOSTRATIGRAFICI, GEOGNOSTICI E GEOTECNICI", elaborata a partire dalle informazioni di carattere litologico e geotecnico utilizzate per la redazione delle precedenti carte di base, in cui viene riportata la perimetrazione areale e la definizione lineare delle diverse situazioni tipo (vedi Tabella 5) in grado di determinare gli effetti sismici locali. La tabella è conforme nelle sigle e nella numerazione a quella individuata dalla normativa di settore; sono state pertanto derubricate le zone non riscontrate nel territorio in studio

Per quanto riguarda le modalità di restituzione della Tavola n°4 "CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) CON UBICAZIONE DEI DATI LITOSTRATIGRAFICI, GEOGNOSTICI E GEOTECNICI", si sono considerate le indicazioni fornite dall'Allegato 5 della D.G.R. 22 dicembre 2005, N°8/1566 con relative successive integrazioni (Integrazioni all'Allegato 5, Convenzione tra Regione Lombardia e Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Febbraio 2006).

<i>Sigla</i>	<b>COMUNE DI MAGHERNO</b> <b>SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b>	<b>EFFETTI SISMICI LOCALI</b>
<b>Z2*</b>	Zone con terreni granulari fini e falda superficiale, indicativamente nei primi 5 metri dal piano campagna (alluvioni medie a attuali del fiume Lambro Meridionale)	Possibili fenomeni di liquefazione
<b>Z4(A)</b>	Zona con prevalenza di depositi alluvionali granulari (Piano Generale Terrazzato a Nord del fiume Po)	Amplificazioni litologiche e geometriche

Tabella 5

*Comune di Magherno - Scenari di pericolosità sismica locale ed effetti sismici locali attesi*

Nella fase di redazione della CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) gli scenari Z2\* e Z4(A) sono stati rappresentati con elementi areali. Lo scenario Z2\* nell'analisi di primo livello è evidenziato sulla base del fenomeno prioritario che lo caratterizza (possibili fenomeni di liquefazione). Le prescrizioni da assegnare a questo scenario in fase di pianificazione riguardano, oltre al fenomeno prioritario, anche i fenomeni di possibile amplificazione sismica che dovranno essere valutati in fase di progettazione sulla base degli interventi adottati per risolvere le problematiche prioritarie.

Gli scenari PSL individuati con l'analisi di primo livello sono stati riportati con appositi retini trasparenti nella Tavola n°8 "CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO COMUNALE", assegnando a ciascuno le prescrizioni opportune, con specifico riferimento a quanto riportato al paragrafo 2.6 "Normativa sismica del territorio comunale di Magherno" delle Norme geologiche di Piano.

Tale sovrapposizione non comporta comunque un automatico cambio di classe di fattibilità ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dal D.M. 14 gennaio 2008, oppure dove sia necessario realizzare preventivamente gli studi di 3° livello, fermo restando la possibilità di utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore.

La CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) permette anche l'assegnazione diretta della classe di pericolosità sismica (da H1 a H4) e dei successivi livelli di approfondimento (vedi Tab. 6):

<i>Sigla</i>	<b>COMUNE DI MAGHERNO</b> <b>SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b>	<b>CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA</b>
<b>Z2*</b>	Zone con terreni granulari fini e falda superficiale, indicativamente nei primi 5 metri dal piano campagna (alluvioni medie a attuali del fiume Lambro Meridionale)	H2 – livello di approfondimento 3°
<b>Z4(A)</b>	Zona con prevalenza di depositi alluvionali granulari (Piano Generale Terrazzato a Nord del fiume Po)	H2 – livello di approfondimento 2°

Tabella 6

*Comune di Magherno - Classi di pericolosità sismica per ogni scenario di pericolosità sismica locale*

La CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) rappresenta perciò il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento:

il **2° livello di approfondimento** permetterà la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione (zona  $Z_{4(A)}$ ), di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici.

il **3° livello di approfondimento** permetterà la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi per le sole aree in cui la normativa nazionale risulta inadeguata e la quantificazione degli effetti dei possibili fenomeni di liquefazione (zone  $Z_{2*}$ ).

## 5. CARATTERISTICHE GEOLOGICO - APPLICATIVE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO

### 5.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

Per la caratterizzazione del suolo e del primo sottosuolo del territorio del Comune di Magherno si è proceduto, contestualmente alla mappatura dei pozzi per acqua (rifer. Tavola n°3 "CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO" e Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO"), alla raccolta e alla rielaborazione dei dati relativi alle indagini geologico - geotecniche eseguite a supporto degli interventi edilizi realizzati od in itinere, recuperate presso l'ufficio Tecnico del Comune di Magherno.

I dati raccolti si riferiscono a:

- n°07 diagrafie relative a prove penetrometriche statiche "*cone penetration test*" (C.P.T. 01\_07)
- n°14 diagrafie relative a prove penetrometriche dinamiche "*Dynamic Continuous Penetration Test*" con avanzamento di 30 centimetri (D.C.P.T.<sub>30</sub> 01\_14)
- n°06 diagrafie relative a prove penetrometriche dinamiche "*Dynamic Continuous Penetration Test*" con avanzamento di 20 centimetri (D.C.P.T.<sub>20</sub> 01\_06)
- n°16 stratigrafie relative a sondaggi geognostici a campionamento continuo (S 01\_16)

Per i parametri geotecnici delle singole litologie, utili per valutazioni di carattere geologico - applicativo ed ingegneristico finalizzate allo sviluppo di calcoli di portanza e cedimenti del terreno di fondazione, si può quindi in prima analisi fare riferimento ai diagrammi ed ai tabulati allegati (riferimento 'RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO COMUNALE – STRATIGRAFIE POZZI PER ACQUA').

Attraverso i diagrammi rielaborati relativi in particolare alle prove penetrometriche statiche (C.P.T. 01\_07) è quindi possibile ricavare utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni esplorati, sulla base dei valori delle resistenze di punta "Rp" e laterali "Rl" e del rapporto Rp/Rl (Begemann 1965) oppure del rapporto  $FR = Rl/Rp$  (Schmertmann, 1978).

Per quanto riguarda i sondaggi geognostici a campionamento continuo (S 01\_16), l'analisi delle stratigrafie consente di valutare sia l'esatta successione dei depositi investigati, sia il comportamento geotecnico in sito del terreno naturale, tenendo conto in particolare di consistenza e grado di permeabilità.

In corrispondenza di ognuna delle prove penetrometriche (statiche e dinamiche) è stata rinvenuta la falda freatica. Il dato assume in ogni caso un'importanza relativa, in relazione al fatto che le prove medesime sono state eseguite in un intervallo superiore a 20 anni e comunque in stagioni diverse. Va infine rilevato che le considerazioni sopra riportate fanno riferimento a indagini eseguite su larga maglia, quindi, considerata la variabilità litologica caratteristica dei terreni alluvionali in genere, è possibile che le estrapolazioni operate non risultino esattamente corrispondenti alla situazione riscontrabile in sito per ogni singolo intervento edilizio futuro.

Per quanto riguarda le aree precedentemente investigate, sulla base della rielaborazione delle prove penetrometriche statiche CPT "*cone penetration test*" (C.P.T. 01\_07), si è cercato di fornire un giudizio geotecnico di tipo qualitativo del terreno di fondazione, ai fini di un eventuale riutilizzo dell'area per scopi edificatori, e comunque utile ad indirizzare la pianificazione territoriale.

I valori di  $R_p$  (resistenza alla punta) hanno consentito di suddividere il *range* dei valori misurati allo strumento in cinque classi, ad ognuna delle quali si è associata una stima qualitativa della portanza del terreno di fondazione, secondo il seguente rapporto:

Rp (Kg/cmq)	Valori di portanza stimati
< 10	bassi
10 < 20	medio - bassi
20 < 30	medi
30 < 40	medio - alti
> 40	alti

I risultati di queste valutazioni sono riassunti nella Tabella seguente.

Resistenza alla punta $R_p$ (Kg/cmq) per intervalli di approfondimento							
n° Prova penetrometrica statica	1-3 m	3-5 m	5-7 m	7-9 m	9-11 m	11-13 m	13-15 m
CPT_001	21	15	20	33	25		
CPT_002	24	56	74	29	28	44	
CPT_003	22	50	75	32			
CPT_004	22	16	31	57			
CPT_005	28	62	80	50			
CPT_006	23	34	61	45			
CPT_007	26	49	77	67			
Caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione in relazione ai valori di $R_p$ misurati							
	$R_p$ (Kg/cmq)	<10	10<20	20<30	30<40	>40	
	Valori di portanza	bassi	medio-bassi	medi	medio-alti	alti	

**Tabella 7**

*Caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione in relazione ai valori di  $R_p$  misurati desunti dalla rielaborazione delle prove penetrometriche statiche CPT eseguite a supporto degli interventi edilizi realizzati od in itinere in territorio comunale di Magherno*



## 5.2 CAPACITÀ PROTETTIVA DEI SUOLI NEI CONFRONTI DELLE ACQUE PROFONDE

Attraverso la rielaborazione delle informazioni contenute nella banca dati del S.I.T. (Sistema Informativo Territoriale) - Regione Lombardia, riguardanti le caratteristiche litologiche e la composizione granulometrica dei suoli, integrate da informazioni raccolte nel corso del presente studio relative alla soggiacenza della falda ed al grado di permeabilità dei terreni superficiali, si è tentato di fornire una preliminare valutazione di carattere geologico - applicativo del grado di protezione delle acque profonde - riferite agli acquiferi sfruttati ad uso idropotabile -, nei confronti di inquinanti idrosolubili provenienti dalla superficie e diretti in profondità (rifer. Tavola 5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO").

Le precipitazioni e l'irrigazione sono considerate le principali fonti di acqua disponibile per la lisciviazione dei prodotti fitosanitari o dei loro metaboliti attraverso il suolo. L'interpretazione della valutazione della capacità protettiva dei suoli esprime la potenziale capacità del suolo di trattenere i fitofarmaci entro i limiti dello spessore interessato dagli apparati radicali delle piante e per un tempo sufficiente a permetterne la degradazione; non è invece riferita a specifici antiparassitari.

Le proprietà pedologiche prese in considerazione nel modello interpretativo sono correlate con le capacità di attenuazione e il comportamento idrologico del suolo. Il modello utilizzato dal S.I.T. prevede la ripartizione dei suoli in tre classi di capacità protettiva nei confronti delle acque profonde: elevata, moderata e bassa.

Per quanto riguarda il grado di protezione dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile, si fa riferimento a quanto descritto al capitolo 3 ed in particolare al paragrafo 3.4.2 della presente relazione, ed alle considerazioni idrogeologiche dedotte esaminando la stratigrafia dei pozzi comunali censiti utilizzati ad uso idropotabile (rifer. Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO").

Nel complesso, al fine della protezione delle acque sotterranee, dai dati raccolti (considerando anche le stratigrafie delle altre captazioni censite), emerge che il territorio studiato è dotato di un materasso alluvionale mediamente permeabile, in quanto gli orizzonti sabbiosi nei primi 80-85 metri di profondità sono comunque intervallati da livelli argillosi e localmente torbosi, presenti in strati di spessore elevato (generalmente compreso tra 6-8 metri; localmente anche superiore ai 10-12 metri) e situati a profondità variabile.

In relazione ai parametri sopra indicati, lo studio ha condotto all'individuazione di due diverse aree a diverso grado di protezione dell'acquifero principale sfruttato ad uso idropotabile, evidenziate con diversa colorazione in Tavola 5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO".

Va in ogni caso sottolineato come il grado di protezione dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile, così come deducibile dalle elaborazioni prodotte, può tuttavia subire locali variazioni dovute da una parte a modifiche della composizione granulometrica dei sedimenti di copertura (aumento/diminuzione del rapporto sabbia/argilla), dall'altra dalla discontinuità dello spessore dei terreni di copertura argilloso - limosi superficiali.

## 6. ZONAZIONE DEL TERRITORIO - METODOLOGIA UTILIZZATA

L'insieme delle indagini esperite e dei dati raccolti nel corso del presente studio hanno consentito la stesura di un elaborato cartografico finale (Tavola n°7 "CARTA DI SINTESI") che fornisce, per tutto il territorio del Comune di Magherno, una prima sostanziale valutazione delle aree omogenee dal punto di vista della pericolosità / vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera.

La tavola è costituita da una serie di poligoni che definiscono una porzione di territorio caratterizzata da pericolosità / vulnerabilità omogenea per la presenza di una o più fenomenologie in atto o potenziali. La delimitazione dei poligoni è stata fatta con valutazioni sulla pericolosità e sulle aree di influenza dei fenomeni desunte dalla fase di analisi. La sovrapposizione di più ambiti genera dei poligoni misti con pericolosità determinata da più fattori limitanti. Gli ambiti di pericolosità / vulnerabilità sono stati individuati tenendo conto di fattori di ordine idrogeologico, geotecnico e idraulico.

La Tavola n°7 "CARTA DI SINTESI" risulta di particolare importanza pratica non solo per valutazioni di carattere propriamente ambientale, nei confronti ad esempio dell'ipotesi di realizzazione di impianti o insediamenti pericolosi, ma anche in relazione ad altri interventi antropici di una certa consistenza, comportanti consistenti modificazioni dell'attuale assetto fisico del territorio (quali ad esempio attività estrattive).

### 6.1 CARATTERISTICHE DI VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI

La valutazione della vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile in base alla capacità protettiva dei suoli nei confronti di potenziali agenti inquinanti liquidi o idroveicolati, è stata effettuata tenendo conto di vari fattori geologici ed idrogeologici quali:

- tipo e grado di permeabilità dei depositi: ad essi va ricondotta la velocità di percolazione degli inquinanti e l'azione eventuale di attenuazione dei loro effetti;
- tipo e spessore delle coperture a granulometria fine e con bassa permeabilità (argille e limi), che costituiscono elementi di protezione degli acquiferi sottiacenti;
- eventuale presenza di livelli ghiaioso - sabbiosi intercalati nella coltre di copertura, elementi che favoriscono la diffusione di sostanze inquinanti;
- soggiacenza della superficie piezometrica dell'acquifero;
- condizioni geomorfologiche e idrauliche particolari, quali la presenza di terrazzi fluviali e aree esondabili.

In Tavola n°7 "CARTA DI SINTESI", attraverso la valutazione dei dati raccolti si è quindi giunti all'individuazione, nell'ambito del territorio comunale di Magherno, di due aree con diverso grado di vulnerabilità idrogeologica variabili fra *medio* e *elevato*, evidenziate con apposite retinature e con diversa colorazione. Il metodo utilizzato definisce una vulnerabilità di tipo intrinseco, quindi asettica rispetto al tipo di attività antropiche presenti sul territorio.

Va infine sottolineato come, in particolare, il grado di vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile, così come deducibile dai dati disponibili, può tuttavia essere soggetto a locali variazioni dovute da una parte a modifiche della composizione granulometrica dei sedimenti di copertura (aumento/diminuzione del rapporto sabbia/argilla), dall'altra dalla discontinuità dello spessore degli stessi terreni di copertura dell'acquifero.

## 6.2 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE OMOGENEE DAL PUNTO DI VISTA DELLA PERICOLOSITÀ / VULNERABILITÀ RIFERITA ALLO SPECIFICO FENOMENO CHE LA GENERA

Vengono di seguito definiti gli ambiti di pericolosità e di vulnerabilità che costituiscono la legenda della carta di sintesi. La sovrapposizione di più ambiti determina dei poligoni misti per pericolosità determinata da più fattori limitanti. La delimitazione dei poligoni viene fatta con valutazioni sulla pericolosità e sulle aree di influenza dei fenomeni desunte dalla fase di analisi precedente.

### *Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico*

- Aree a diverso grado di vulnerabilità idrogeologica (\*) dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile nei confronti di potenziali agenti inquinanti liquidi o idrovesicolati
  - GRADO DI VULNERABILITÀ ELEVATO
  - GRADO DI VULNERABILITÀ MEDIO
- (\*) valutato in relazione alle caratteristiche litologiche e idrogeologiche dei terreni sovrastanti l'acquifero, alla soggiacenza della superficie piezometrica e alle condizioni geomorfologiche e idrauliche della zona (presenza di terrazzi fluviali, aree esondabili)
- Aree precedentemente escavate / cave dismesse (rifer. Catasto Cave Cessate - P.C.P. Provincia di Pavia - marzo 2004)

### *Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico*

- Aree pianeggianti ascrivibili alle alluvioni medie ed attuali del fiume Lambro Meridionale, individuate in base a valutazioni condotte con criterio geomorfologico come potenzialmente inondabili da parte dello stesso fiume Lambro Meridionale in caso di eventi di piena catastrofica

### *Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche / Aree che potenzialmente possono presentare problematiche di tipo geotecnico*

- Aree con riporto di materiale, aree colmate, bonifiche agricole, aree degradate (ex cave)
- Scarpata erosiva di raccordo tra le alluvioni medie ed attuali del fiume Lambro Meridionale e il Piano Generale Terrazzato

### 6.3 ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI D'INGRESSO

La Tavola n°8 "CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO COMUNALE", è desunta dalla carta di sintesi attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono, con un automatismo come specificato nella Tabella 8.

Successivamente si è aumentato o diminuito il valore della classe di fattibilità in base a valutazioni di merito tecnico per lo specifico ambito, riclassificandolo totalmente o solo parzialmente e suddividendolo in porzioni a differente fattibilità.

La carta di fattibilità è dunque una carta di pericolosità che fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici, agli studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, alle opere di mitigazione del rischio ed alle necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali.

Nel caso in cui nei poligoni della carta di sintesi risultano presenti contemporaneamente più aree omogenee per pericolosità / vulnerabilità, la classe di fattibilità è stata aumentata solo in caso di interazione fra i fenomeni, viceversa coesistono le classi di fattibilità corrispondenti e derivate dalla carta di sintesi (nelle carte di fattibilità viene indicato il valore maggiore) e vigono le prescrizioni per ciascuno degli ambiti rappresentati.

<b><i>Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico</i></b>	
Aree a grado di vulnerabilità idrogeologica ELEVATO (*)	3
Aree a grado di vulnerabilità idrogeologica MEDIO (*)	2
Aree precedentemente escavate (cave dismesse)	3
<b><i>Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico</i></b>	
Aree pianeggianti ascrivibili alle alluvioni medie ed attuali del fiume Lambro Meridionale, individuate in base a valutazioni condotte con criterio geomorfologico come potenzialmente inondabili da parte dello stesso fiume Lambro Meridionale in caso di eventi di piena catastrofica	4
<b><i>Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche</i></b> <b><i>Aree che potenzialmente possono presentare problematiche di tipo geotecnico</i></b>	
Aree con riporto di materiale, aree colmate, bonifiche agricole, aree degradate (ex cave)	3
Scarpata erosiva di raccordo tra le alluvioni medie ed attuali del fiume Lambro Meridionale e il Piano Generale Terrazzato	3

**Tabella 8**

*Classi di ingresso dei poligoni individuati nella carta di sintesi*

(\*) riferita alla falda interessata da captazioni ad uso idropotabile

In alcuni casi si è verificata l'interazione / sovrapposizione di più fenomeni limitativi, con aumento della classe di fattibilità finale al valore maggiore.

Nella Tavola 8 "CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO COMUNALE", non è infine richiesta l'individuazione dei perimetri delle aree di tutela assoluta e di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile, nonché dei cimiteri e dei depuratori, in quanto soggette a specifica normativa. L'attribuzione della classe di fattibilità di tali aree deriva esclusivamente dalle caratteristiche geologiche delle stesse.

Stradella, dicembre 2008

Il Professionista Incaricato  
Dott. Geol. Daniele Calvi

## BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

AGIP (1973) - *Acque dolci sotterranee*. Inventario dei dati raccolti dall'Agip durante la ricerca di idrocarburi in Italia. 914 pp., Grafica Palombi, Roma.

ARIATI E., COTTA RAMUSINO S., PELOSO G.F. (1988) - *La struttura del Colle di San Colombano al Lambro: riflessi idrogeologici e caratteristiche chimiche della falda freatica* Università degli Studi Pavia, 1987 in CASATI P. Acque Sotterranee di Lombardia, 97-114. Nuova Brianza Ed. Renate (MI).

BARTOLINI C. ET ALII (1982) - *Carta neotettonica dell'Appennino settentrionale. Note illustrative*. Boll. Soc. Geol. It, 101, 523-549.

BEATRIZZOTTI G., BELLINZONA G., BELTRAMI G., BONI A., BRAGA G., MOSNA S. (1965) - *Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000, Foglio 59 "PAVIA"* Il edizione, Servizio Geologico d'Italia, Roma.

BONI A. (1967) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio 59 PAVIA*. Nuova Tecnica Grafica, 1-68 Roma.

BONI A., BONI P., PELOSO G.F. & GERVASONI S. (1980) - *Dati sulla neotettonica del foglio Pavia (59) e di parte dei fogli Voghera (71) ed Alessandria (70)*. Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, CNR - Progetto Finalizzato geodinamica - Sottoprogetto Neotettonica, parte III, Pubbl. 356, pp. 1199-1244, Napoli.

BONI, A. (1980) - *Geologia e sismicità del Territorio pavese*. In: Seminari su "Eventi naturali ed antropici", Università di Pavia, pp.148-277, Pavia.

BRAGA G. - CERRO A. (1988) - *Le strutture sepolte della pianura pavese e le relative influenze sulle risorse idriche sotterranee*. Atti Tic. Sc. della Terra, 31, pp. 421-433, Pavia

BRAGA G. EL ALII (1976) - *Indagine preliminare sulle falde acquifere profonde della porzione di pianura padana compresa nelle province di Brescia, Cremona, Milano, Piacenza, Pavia e Alessandria*. Quaderni dell'Istituto di Ricerca sulle Acque, 28 (2), 45-76 - Roma

CASTIGLIONI, G.B. ET AL. (1997) - *Carta Geomorfologica della Pianura Padana in scala 1:250.000*. SELCA, Firenze.

DALL'AGLIO P.L., MARCHETTI G., VALLE G. (1990) - *Proposta per la realizzazione di una carta del "rischio archeologico": il caso della Val Trebbia*. In Atti del Convegno: "La cartografia archeologica", Pisa, 21-22 marzo 1988, Pisa 1990, pp. 137 - 165

ENTE REGIONALE DI SVILUPPO AGRICOLO DELLA LOMBARDIA. *Aggiornamenti di agrometeorologia e pedologia*. Quaderno n°18 Commento climatico all'annata agraria 1996

ENTE REGIONALE DI SVILUPPO AGRICOLO DELLA LOMBARDIA. *Progetto "Carta Pedologica" Regione Lombardia* (E.R.S.A.L. 2001) "I suoli della Pianura Pavese Centrale - serie SSR n°33"

FERTILVITA S.R.L. - CORTENUOVA S.R.L. (2006) - *Studio geologico ed idrogeologico a corredo della denuncia di inizio lavori per la terebrazione di pozzi piezometrici per il monitoraggio delle acque sotterranee e contestuale richiesta di concessione di acqua pubblica in località Manzola Fornace* (Comune di Corteolona -PV).

GOBETTI A., PEROTTI CR. (1990) - *Genesi e caratteristiche dell'arco strutturale di Pavia*. Atti Tic. Se. Terra, 33, 143-156.

MARCHETTI G., DALL'AGLIO P. L. (1982) - *Geomorfologia e vicende storiche nel territorio piacentino (La battaglia del Trebbia, 218 a.C.)*. Estratto da "atti dell'istituto geologico della università di Pavia, vol. XXX. Pavia, Tipografia del libro, 1982, pp.142-160

MARCHETTI G., PEROTTI C.R., VERCESI P.L., BARONI C. (1980) - *Note illustrative degli elaborati cartografici presentati il 31-5-80 (F. 60 - Piacenza e 61 - Cremona p.p.) e il 31-3-1979 (F71 Voghera, F.72 Fiorenzuola d'Arda, F. 83 Rapallo e F. 84 Pontremoli p.p.)*. Estratto da: "Contributi alla realizzazione della carta neotettonica d'Italia", Pubbl. n. 356 del Progetto Finalizzato Geodinamica. pp. 915-964, Roma.

PELLEGRINI L., VERCESI P.L. (2005) - *I geositi della provincia di Pavia*. Luigi Ponzio e figlio, Pavia.

PEROTTI C.R. (1991) - *Osservazioni sull'assetto strutturale del versante padano dell'Appennino nord-occidentale*. Atti Tic. Sc. della Terra, vol. 34, (note brevi 11-22).

PIERI M., GROPPI G. (1982) - *Subsurface geological structure of the Po plain, Italy*. C.N.R., pubbl. 414, P.F. Geodinamica, 13 pp.

REGIONE LOMBARDIA (1996) - *Determinazione del rischio sismico a fini urbanistici in Lombardia*. Regione Lombardia – IRRS - Milano.

REGIONE LOMBARDIA, ENI DIVISIONE AGIP (2002) - *Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia*.

ROSSETTI R. & OTTONE C. (1979) - *Esame preliminare delle condizioni pluviometriche dell'Oltrepò Pavese e dei valori critici delle precipitazioni in relazione ai fenomeni di dissesto franoso*. Gel. Appl. e Idrogeol., vol. 14/3, pp. 83-99, Bari.

ROSSETTI R., BONI P., MARCHETTI G., OTTONE C., PELLEGRINI L. (1997) - *Geomorphology of the Piacenza and Pavia Apennine*. In: "Guide for the excursion of IV Int. Conf. On Geomorphology, Italy 1997: Mountains, Hills and Plains in north-Western Italy. *Suppl. Geogr. Fis. Din. Quaternaria*, III, 2: 59-61, Com. Glaciol. It., Torino.

STUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PADANO (1999) - *Indagine idrogeologica relativa alla realizzazione di un nuovo campo pozzi per uso idropotabile in località Genzone* - Azienda Consorziale Acquedotti Oltrepò Pavese - Stradella (PV).