



**Comune di LISSONE**

Provincia di Monza e Brianza

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E  
SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO  
(Art. 57 della L.R. 11 Marzo 2005, n. 12)

**RELAZIONE GEOLOGICA ILLUSTRATIVA  
E NORME GEOLOGICHE DI PIANO**

Luglio 2011

**FUSINA S.R.L.**

VIA BOCCIONI, 6 - 20052 MONZA  
Tel. 039/2028619 - E-mail: fusina.srl@iol.it  
C.F. e P. IVA 03014210961 - R.E.A. 1624114

**Dott. Geol. Marco Parmigiani**

Via R. Sanzio, 3 - Tradate (VA) Tel/ Fax 0331 - 810710

e\_mail: parmig04@marcoparmigiani.191.it

C.F. PRM MRC 62H07 L319V - P. IVA n.02217070123



## COMUNE DI LISSONE

# COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO, IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11 MARZO 2005, N. 12

## RELAZIONE GEOLOGICA ILLUSTRATIVA

### Sommario

<b>1. PREMESSA ED OBIETTIVI.....</b>	<b>1</b>
<b>FASE DI ANALISI .....</b>	<b>2</b>
<b>2. INQUADRAMENTO METEO – CLIMATICO .....</b>	<b>3</b>
2.1 CARATTERI GENERALI .....	3
2.2 CLIMATOLOGIA DELL'AREA .....	4
<b>3. GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA.....</b>	<b>8</b>
3.1 GEOMORFOLOGIA .....	8
3.2 GEOLOGIA DI SUPERFICIE.....	9
3.3 OSSERVAZIONI LITOSTRATIGRAFICHE DI DETTAGLIO .....	11
<b>4. IDROGEOLOGIA .....</b>	<b>13</b>
4.1 CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ IDROGEOLOGICHE DI SOTTOSUOLO .....	13
4.2 PIEZOMETRIA DELLA FALDA .....	14
4.3 VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI ALL'INQUINAMENTO .....	17
4.4 QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE.....	19
4.4.1 <i>Classificazione idrochimica delle acque captate dai pozzi</i> .....	20
4.5 USO DEL SUOLO E UBICAZIONE DEI CENTRI DI PERICOLO .....	22
4.5.1 <i>Ubicazione dei centri di pericolo</i> .....	22
4.6 OPERE DI CAPTAZIONE ED INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA .....	23
<b>5 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA DELLE OPERE DI CAPTAZIONE .....</b>	<b>25</b>
5.1 MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE PROVE IDRAULICHE DI POMPAGGIO .....	25
5.2 DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI IDROGEOLOGICI DELL'ACQUIFERO .....	27

5.3	ELABORAZIONE DEI DATI ED INDIVIDUAZIONE DEL CONO DI ALIMENTAZIONE DEL POZZO...	28
5.4	PROPOSTA DI DELIMITAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA .....	32
<b>6.</b>	<b>IDROGRAFIA.....</b>	<b>34</b>
6.1	ATTESTAZIONE DI ASSENZA DEL RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE E MINORE NEL TERRITORIO COMUNALE .....	34
<b>7.</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO – TECNICO.....</b>	<b>36</b>
7.1	ULTERIORI ELEMENTI DI CARATTERE GEOLOGICO - TECNICO .....	48
<b>8.</b>	<b>IL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AL GAS RADON.....</b>	<b>49</b>
8.1	LA MAPPATURA DEL TERRITORIO LOMBARDO .....	49
8.2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	50
8.3	RISULTATI PRELIMINARI DELLO STUDIO ARPA .....	50
<b>9.</b>	<b>ANALISI DELLA SISMICITA' DEL TERRITORIO.....</b>	<b>52</b>
9.1	ASPETTI NORMATIVI E METODOLOGICI.....	52
9.2	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL TERRITORIO COMUNALE .....	53
9.2.1	<i>Analisi multicanale delle onde superficiali (Masw).....</i>	<i>57</i>
9.2.1.1	Descrizione del metodo, strumentazione e criteri di acquisizione .....	57
9.2.1.2	Analisi dei risultati e calcolo delle Vs30 .....	60
9.3	SCENARI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE E POSSIBILI EFFETTI INDOTTI .....	64
	<b>FASE DI SINTESI – VALUTAZIONE – PROPOSTA.....</b>	<b>66</b>
<b>10.</b>	<b>QUADRO DEI VINCOLI NORMATIVI.....</b>	<b>67</b>
10.1	VINCOLI DERIVANTI DALLE AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE .....	67
<b>11.</b>	<b>SINTESI DELLE CONOSCENZE ACQUISITE.....</b>	<b>71</b>
<b>12.</b>	<b>CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E NORME GEOLOGICHE DI PIANO .....</b>	<b>73</b>
12.1	CONSIDERAZIONI GENERALI E METODOLOGICHE .....	73
12.2	CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E NORME TECNICHE.....	75
12.3	NORME ANTISISMICHE .....	77
12.3.1	<i>Norme di carattere generale.....</i>	<i>77</i>
12.3.2	<i>Indagini per la caratterizzazione sismica locale.....</i>	<i>79</i>
12.3.3	<i>Norme relative agli ambiti di amplificazione sismica locale .....</i>	<i>79</i>
12.3.4	<i>Specifiche per l'esecuzione dell'analisi sismica di livello 3.....</i>	<i>81</i>
12.5	NORME GENERALI PER L'ACCERTAMENTO DELLA SALUBRITÀ DEI TERRENI NELL'AMBITO DELLA RICONVERSIONE DI ATTIVITÀ INDUSTRIALI DISMESSE .....	82
12.6	NORME PER LA RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE AL GAS RADON.....	82
<b>13.</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>84</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>85</b>

### **Allegati**

- All. 1:** Elenco pozzi pubblici e privati del Comune di Lissone
- All. 2:** Schede dei pozzi pubblici
- All. 3:** Stratigrafie dei pozzi pubblici
- All. 4:** Tabella sinottica relativa alla qualità delle acque di falda (dati SIF)
- All. 5:** Tabella dei dati delle prove idrauliche di pompaggio
- All. 6:** Interpretazione delle prove idrauliche di pompaggio
- All. 7:** Tabella dei valori indicativi di porosità e porosità efficace per una serie di sedimenti (Water Supply Paper, USGS)
- All. 8:** Elenco delle aree industriali cessate in corso di riconversione urbanistica, oggetto di indagine di caratterizzazione ambientale ed eventuale bonifica ai sensi del D.Lgs 152/06 e delle attività produttive classificate a “rischio di incidente rilevante” ai sensi del D. Lgs. 334/99 e 238/05
- All. 9:** Risultati delle prove sismiche per la determinazione delle Vs30 (MASW)
- All. 10:** Autorizzazione dirigenziale n.302/2005 del 14/12/2005 della Provincia di Milano alla ridefinizione della zona di rispetto dei pozzi n. 6 “via Battisti” e n. 10 “via Volturmo”, ad uso potabile, da parte del Comune di Lissone
- All. 11:** Verifica della disponibilità idrica ai fini della sostenibilità delle previsioni di P.G.T.

### **Tavole**

- Tav. 1:** Inquadramento geologico e geomorfologico – scala 1:10.000
- Tav. 2:** Inquadramento idrogeologico, vulnerabilità della falda e traccia della sezione – scala 1:10.000
- Tav. 3:** Sezione idrogeologica – scala 1:10.000
- Tav. 4:** Caratterizzazione geotecnica e geopedologica – scala 1:5.000
- Tav. 5:** Attestazione di assenza del reticolo idrografico nel territorio comunale – Analisi delle cartografie ufficiali (IGM e CTR) e mappe catasto terreni – scale varie
- Tav. 6:** Carta della Pericolosità Sismica Locale – scala 1:5.000
- Tav. 7:** Sintesi degli elementi conoscitivi – scala 1:5.000
- Tav. 8:** Carta dei vincoli – scala 1:5.000
- Tav. 9:** Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano – scala 1:5.000
- Tav. 10** Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano – scala 1:10.000

## 1. PREMESSA ED OBIETTIVI

Il Comune di Lissone ha affidato incarico per l'aggiornamento dello studio geologico, idrogeologico e sismico del territorio comunale secondo quanto previsto dai criteri attuativi delle L.R. 12/05 per il Piano di Governo del Territorio (D.G.R. 8/1566 del 22/12/2005, aggiornata dalla D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008).

L'organizzazione dello studio, dei rilevamenti diretti sul territorio e delle successive elaborazioni è stata impostata per soddisfare la specifica finalità, analizzando e classificando con adeguato dettaglio l'intero territorio comunale sulla base delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e sismiche, con particolare riferimento alle aree di maggior interesse urbanistico e a quelle ritenute più sensibili all'impatto con lo sviluppo antropico futuro.

L'organizzazione del presente lavoro ha pertanto previsto sia l'esame della documentazione già disponibile, tra cui il precedente studio geologico comunale (Parmigiani e Fusina 2006), che l'effettuazione di nuovi rilevamenti diretti sul territorio.

La metodologia proposta, secondo quanto previsto dai criteri regionali, si è pertanto fondata sulle seguenti fasi di lavoro:

- fase di analisi, a sua volta suddivisa in fase di ricerca dati e documentazione disponibile, compilazione della cartografia tematica di base e relativi approfondimenti ed integrazioni;
- fase di sintesi, valutazione e proposta, con individuazione delle limitazioni d'uso del territorio e zonazione dello stesso in funzione della pericolosità geologico – tecnica e della vulnerabilità idrogeologica.

L'esito finale dello studio si è concretizzato nella redazione della “carta di fattibilità geologica delle azioni di piano” da utilizzarsi congiuntamente alle “norme geologiche di piano” che riportano le specifiche normative d'uso.

Questi elaborati sintetizzano le principali problematiche di carattere geologico – tecnico e idrogeologico del territorio, indicando le caratteristiche di ogni area omogenea e i necessari interventi di salvaguardia da attuare, anche in relazione alla vincolistica ambientale vigente.

Il rilevamento geologico effettuato per il presente lavoro è stato eseguito su base fotogrammetrica in scala 1:2.000; le tavole tecniche sono restituite, a seconda degli specifici tematismi esaminati, alle scale 1:10.000, 1:5.000 e 1:2.000.

## **FASE DI ANALISI**

### **Allegati**

- AII. 1:** Elenco pozzi pubblici e privati del Comune di Lissone
- AII. 2:** Schede dei pozzi pubblici
- AII. 3:** Stratigrafie dei pozzi pubblici
- AII. 4:** Tabella sinottica relativa alla qualità delle acque di falda (dati SIF)
- AII. 5:** Tabella dei dati delle prove idrauliche di pompaggio
- AII. 6:** Interpretazione delle prove idrauliche di pompaggio
- AII. 7:** Tabella dei valori indicativi di porosità e porosità efficace per una serie di sedimenti (Water Supply Paper, USGS)
- AII. 8:** Elenco delle aree industriali cessate in corso di riconversione urbanistica, oggetto di indagine di caratterizzazione ambientale ed eventuale bonifica ai sensi del D.Lgs 152/06 e delle attività produttive classificate a "rischio di incidente rilevante" ai sensi del D. Lgs. 334/99 e 238/05
- AII. 9:** Risultati delle prove sismiche per la determinazione delle Vs30 (MASW)
- AII. 10:** Autorizzazione dirigenziale n.302/2005 del 14/12/2005 della Provincia di Milano alla ridefinizione della zona di rispetto dei pozzi n. 6 "via Battisti" e n. 10 "via Volturmo", ad uso potabile, da parte del Comune di Lissone

### **Tavole**

- Tav. 1:** Inquadramento geologico e geomorfologico – scala 1:10.000
- Tav. 2:** Inquadramento idrogeologico, vulnerabilità della falda e traccia della sezione – scala 1:10.000
- Tav. 3:** Sezione idrogeologica – scala 1:10.000
- Tav. 4:** Caratterizzazione geotecnica e geopedologica – scala 1:5.000
- Tav. 5:** Attestazione di assenza del reticolo idrografico nel territorio comunale – Analisi delle cartografie ufficiali (IGM e CTR) e mappe catasto terreni – scale varie
- Tav. 6:** Carta della Pericolosità Sismica Locale – scala 1:5.000

## **2. INQUADRAMENTO METEO – CLIMATICO**

### **2.1 CARATTERI GENERALI**

Se consideriamo l'aspetto fisico della regione Lombardia e l'ambito geografico in cui è inserita, notiamo una serie di elementi fondamentali ai fini della caratterizzazione climatica del territorio, quali la vicinanza del Mediterraneo, la vicinanza dell'area atlantica e della massa continentale europea e la presenza dell'Arco Alpino e dell'Appennino Settentrionale, barriere in grado di creare notevoli discontinuità nelle masse d'aria.

L'Arco Alpino, che delimita a Nord la Pianura Padana, costituisce una barriera difficilmente valicabile per le perturbazioni Atlantiche che, nel loro moto da Ovest verso Est, interessano l'area Europea. Ciò conferisce caratteri di elevata stabilità alle masse d'aria della pianura, il che risulta particolarmente evidente nel periodo invernale ed in quello estivo.

In inverno, in particolare, si riscontra un'elevata frequenza di nebbie e di gelate associate a fenomeni di inversione termica nei bassi strati, condizioni queste peraltro favorevoli all'accumulo di inquinanti negli strati atmosferici più vicini al suolo.

In estate, il tempo è caratterizzato da una distribuzione relativamente uniforme della pressione (campi a debole gradiente o campi livellati). In tale stagione assistiamo ad elevati accumuli di energia nei bassi strati in forma di vapore, per effetto dell'intenso soleggiamento.

Tali accumuli, favoriti dalla presenza di una fitta rete idrica superficiale e di vaste aree a colture irrigue, fanno sì che instabilità di entità relativamente modesta (es.: irruzioni di aria più fredda nella media troposfera) possano dar luogo ad attività temporalesca anche intensa, accompagnata da vento forte, rovesci e grandinate.

Prescindendo dall'attività temporalesca estiva, possiamo osservare che le principali strutture meteorologiche, responsabili delle situazioni di tempo perturbato sull'area, sono le saccature (depressioni a forma di V) alimentate dal flusso perturbato atlantico ed i minimi isolati sul Mediterraneo (fra cui rientrano le depressioni del Golfo di Genova). In particolare il maggior contributo alle precipitazioni della Lombardia deriva da condizioni di flusso perturbato meridionale, di norma associate a saccature che, nel loro transito da Ovest verso Est, interessano il Mediterraneo centro – occidentale.

In tali condizioni, è frequente assistere all'isolarsi di minimi depressionari sul Golfo di Genova (ciclogenesi sottovento alle Alpi), che esercitano un caratteristico effetto volano, determinando il protrarsi delle condizioni di tempo perturbato sull'area padana; infatti, la traiettoria di tali sistemi, di norma verso oriente, fa sì che essi transitino sulla Pianura Padana, influenzandone le condizioni meteorologiche, prima di esaurirsi in Adriatico.

Un certo effetto sul quadro delle precipitazioni della Lombardia è poi dovuto agli altri tipi di depressioni isolate presenti sul Mediterraneo (es. depressioni africane).

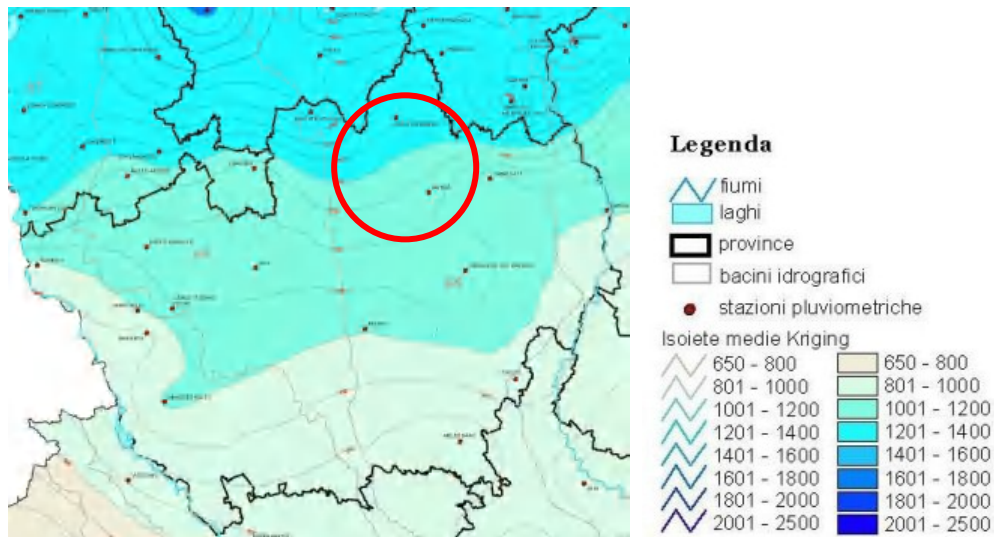
Tutte le situazioni perturbate sopra descritte sono particolarmente frequenti nei periodi autunnale e primaverile, ma possono manifestarsi in qualunque periodo dell'anno. Da ricordare, in particolare, le perturbazioni intense, note con il nome di tempeste equinoziali che, ad inizio autunno o inizio primavera, segnano la "rottura" del tempo al termine della fase di maggior stabilità estiva o invernale.

## 2.2 CLIMATOLOGIA DELL'AREA

Le condizioni climatiche dell'area sono sostanzialmente di tipo continentale (anche se non paragonabile a quello delle aree continentali interne), con inverni rigidi ed estati calde, elevata umidità specie nelle zone con più ricca idrografia, nebbie frequenti specie in inverno, piogge piuttosto limitate (600-1100 mm/anno) e relativamente ben distribuite durante tutto l'anno; la ventosità è ridotta e frequenti sono gli episodi temporaleschi estivi.

Il regime pluviometrico nel territorio di interesse è di tipo "padano", caratterizzato in generale da stagioni autunnali e primaverili più piovose, in quanto la frequente presenza di correnti atlantiche, spesso associate a depressioni sul Mediterraneo, favorisce le cosiddette "piogge equinoziali".

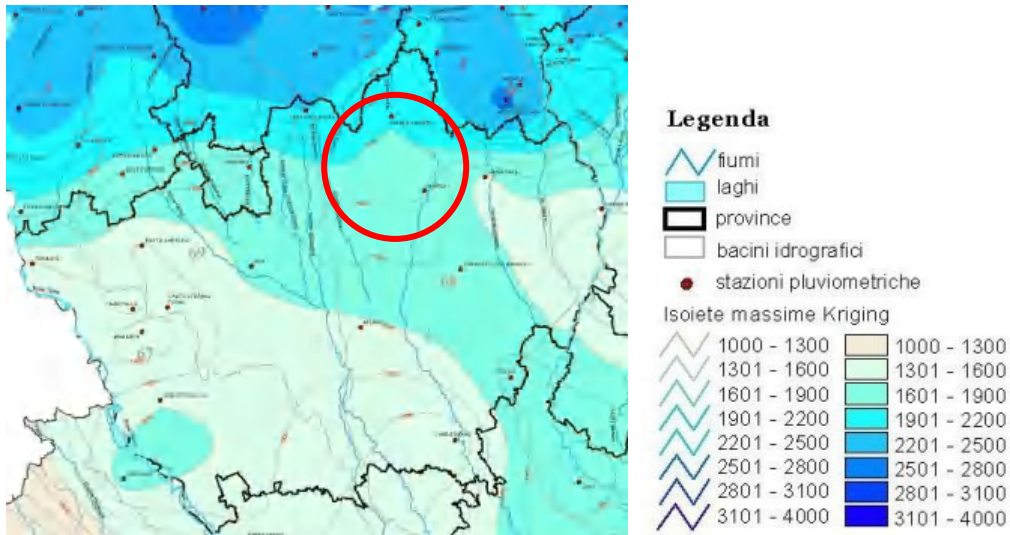
La successiva figura, tratta dalla "Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891÷1990)", mostra che le precipitazioni medie annue tendono progressivamente a diminuire spostandosi dai rilievi prealpini ai settori dell'alta e media pianura.



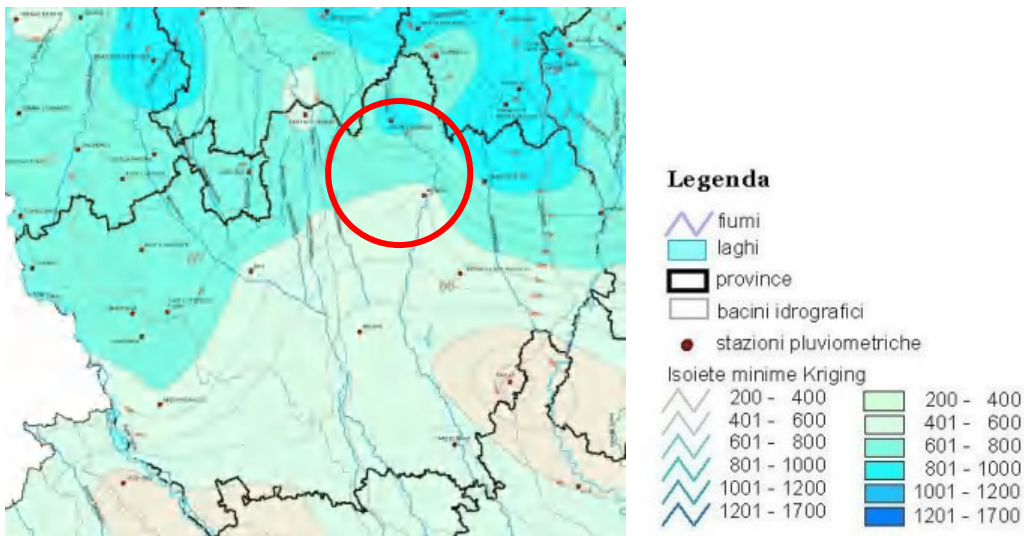
**Precipitazioni medie** – Estratto della Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990)



Confrontando tale andamento con i valori delle precipitazioni massime annue e delle precipitazioni minime annue conferma, a grandi linee, le considerazioni sopra riportate.



**Precipitazioni massime** – Estratto della Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990)



**Precipitazioni minime** – Estratto della Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990)

Le considerazioni climatiche sono desunte dai dati termo – pluviometrici registrati dalla stazione di Carate Brianza, pubblicati sul sito [www.scia.sinanet.apat.it/](http://www.scia.sinanet.apat.it/).

Tali dati coprono un orizzonte temporale di circa 15 anni (1996 – 2009), dunque forniscono una visione sufficientemente ampia dell'andamento climatico e pluviometrico dell'area di interesse.

I dati di pioggia e temperatura medi sono riassunti nella tabella seguente:

Mese	Temperatura media	Precipitazioni
	(°C)	mm
Gennaio	3,75	68,22
Febbraio	5,72	54,54
Marzo	9,75	77,85
Aprile	13,08	110,82
Maggio	18,42	90,50
Giugno	22,32	87,84
Luglio	23,89	95,13
Agosto	23,35	123,66
Settembre	19,15	109,43
Ottobre	14,05	109,70
Novembre	8,45	178,51
Dicembre	4,25	95,06
Anno	13,85	1201,24

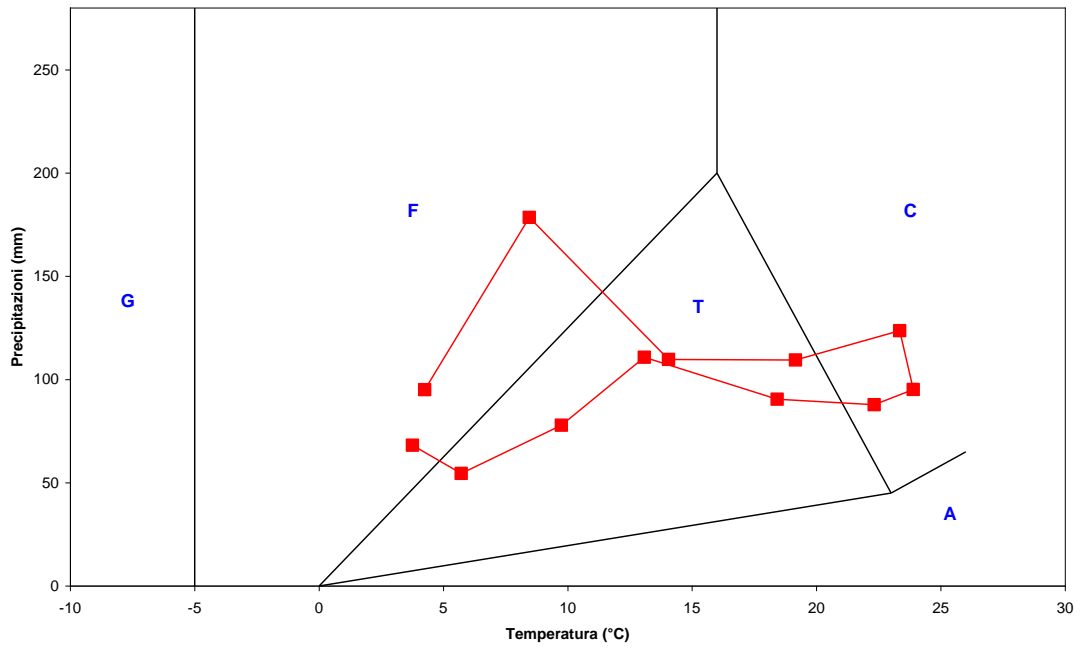
La temperatura media annua è di 13,85 °C, con una escursione termica annua (differenza tra la temperatura media del mese più caldo e la temperatura media del mese più freddo) di circa 20°C; il mese più freddo è gennaio, con 3,75°C, mentre quello più caldo è luglio con 23,89°C; da gennaio le temperature crescono regolarmente fino a raggiungere il loro massimo a luglio, successivamente decrescono con il medesimo gradiente nei restanti mesi dell'anno.

Per quanto riguarda, invece, le precipitazioni, i valori medi annuali si aggirano attorno ai 1200 mm/anno. I valori massimi si registrano in primavera e in autunno (tra i 90 e i 180 mm/mese), mentre i valori minimi si hanno in inverno e in estate (tra i 55 e i 95 mm/mese).



Il climogramma di Péguy definisce i seguenti climi:

- mesi freddi (Gennaio, Novembre, Dicembre);
- mesi temperati (Febbraio, Marzo, Aprile, Maggio, Settembre, Ottobre);
- mesi caldi (Giugno, Luglio, Agosto)



### 3. GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA

#### 3.1 GEOMORFOLOGIA

Il territorio comunale di Lissone è posto al limite tra il livello fondamentale della pianura alluvionale che si sviluppa verso sud e i primi rilievi prealpini posti a nord.

La struttura geologica della regione appare generalmente caratterizzata dalla presenza di depositi quaternari di origine continentale. I tratti morfologici dominanti sono terrazzamenti, accumuli, e depressioni legati a fenomeni erosivi e deposizionali di ambiente fluviale (fase di modellamento attuale), glaciale e fluvio – glaciale (fasi di modellamento recente).

I ghiacciai abduani hanno a più riprese occupato l'area di raccordo tra l'attuale Pianura Padana e la zona pedemontana lasciando, durante il ritiro, evidenti tracce del loro passaggio quali i cordoni morenici a tipica forma semicircolare (anfiteatro morenico del Lario).

Le fasi erosive e di accumulo, legate al susseguirsi dell'esarazione e dell'ablazione delle propaggini meridionali del ghiacciaio abduano, hanno plasmato il paesaggio del settore settentrionale della Brianza, formando i dossi e le zone tabulari più elevate.

Tali colline moreniche si compenetrano a valle con i lembi residui appartenenti alle antiche superfici deposizionali di origine fluvioglaciale, formatesi in seguito all'azione di trasporto e deposizione ad opera degli scaricatori glaciali.

In quest'ultimo contesto si inserisce il territorio di Lissone modellato secondo forme caratteristiche di ambiente fluvioglaciale prossimale, nel quale in posizione frontale rispetto ad ogni lingua glaciale viene a formarsi una piana alluvionale costituita dai sedimenti trasportati dai fiumi di fusione glaciale.

La morfologia del territorio comunale è molto uniforme con debole pendenza della superficie topografica verso i quadranti meridionali.

Gli elementi morfologici più significativi sono rappresentati da scarpate attualmente poco evidenti che, insieme alle caratteristiche litologiche dei terreni, permettono di definire tre ordini principali di terrazzi:

**A) Terrazzo di Sovico – San Cassiano (non presente nel territorio comunale di Lissone):** si sviluppa nell'estremo settore est dell'area di studio e rappresenta il lembo occidentale del Pianalto di Lesmo, tagliato in due dall'incisione del Lambro; esso è scomposto in una serie di terrazzi minori situati a ridosso delle morene terminali dell'anfiteatro Lariano (presenti in loc. Triuggio) e probabilmente ne ricoprono le propaggini. Il sistema rappresenta l'elemento morfologico più rilevato dell'area considerata.

**B) Terrazzo di Macherio – Monza:** comprende ad est parte del territorio comunale di Lissone. Presenta una configurazione superficiale piuttosto piatta e uniforme, con leggera pendenza verso sud, e si colloca altimetricamente tra il terrazzo di Sovico – San Cassiano e il livello principale della pianura.

**C) Terrazzo di Lissone:** rappresenta, secondo la bibliografia geomorfologica il *livello fondamentale della pianura*; esso infatti si amplia verso sud e si raccorda, senza evidenti interruzioni di continuità, alla Pianura Padana.

### **3.2 GEOLOGIA DI SUPERFICIE**

Il rilevamento geologico effettuato per il presente lavoro è stato eseguito su base fotogrammetrica in scala 1:2.000; le tavole tecniche sono restituite, a seconda degli specifici tematismi esaminati, alle scale 1:10.000 e 1:5.000.

Le tecniche utilizzate per il rilevamento geologico del Quaternario e i termini formazionali sono quelli definiti dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano – Gruppo Quaternario (Bini A., 1987).

Le caratteristiche litologiche delle unità riconosciute sono state definite studiando le aree di affioramento (nel caso specifico spaccati artificiali come ad esempio: scavi e cantieri edili) presenti nel territorio comunale ed in comuni limitrofi nonché le stratigrafie di pozzi per acqua ed i sondaggi geognostici disponibili.

Le unità affioranti vengono qui di seguito descritte in ordine stratigrafico, a partire dalla più antica.

#### **Pi UNITÀ DEI PIANALTI**

**Assimilabile all'Alloformazione della Specola** (Pleistocene medio)  
(non presente nel territorio comunale di Lissone)

Depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie poligeniche stratificate a supporto di matrice limoso – sabbiosa con locale presenza di lenti sabbiose e argillose. Copertura di origine eolica (*loess*) sempre presente di colore 10YR e 7.5YR e a *fragipan*.

La superficie limite superiore è caratterizzata da un profilo d'alterazione evoluto, con spessori intorno a 6 – 8 m. Le caratteristiche dell'alterazione sono le seguenti: carbonati argillificati, metamorfici arenizzati, cristallini arenizzati o con cortex di circa 1,5 cm se di dimensioni maggiori, porfidi (non abbondanti) arenizzati. Il colore della matrice è compreso tra le pagine 5YR e 7.5YR, 2.5Y in profondità, sono presenti screziature di colore 7.5YR e sbiancature di colore 10YR. Inoltre è presente argilla secondaria.

Le ghiaie sono poligeniche, costituite da calcari e calcari dolomitici, dolomie, selci, quarziti, gneiss, micascisti, rocce granitoidi e porfidi. I ciottoli hanno forma arrotondata con il diametro medio inferiore a 10 cm, con un elevato grado di selezione e presentano giacitura suborizzontale o debolmente inclinata verso sud.

Lo spessore dell'*Unità dei Pianalti* nella zona di Sovico è di circa 21 m, mentre più a sud, tra Macherio e Biassono, è pari a circa 35 m.

La posizione altimetrica dell'*Unità dei Pianalti* è il tratto morfologico essenziale: l'unità forma estesi pianalti prevalentemente allungati in direzione nord – sud e costituisce aree nettamente sopraelevate rispetto ai depositi più recenti e soprattutto rispetto al livello principale della pianura e agli alvei dei corsi d'acqua attuali. Il passaggio è contrassegnato da scarpate morfologiche tanto meno ripide ed elevate quanto più ci si sposta da nord verso sud.

**Vd UNITÀ DI VEDANO AL LAMBRO****Assimilabile all'Allogruppo di Besnate** (Pleistocene medio – sup.)

Depositi fluvioglaciali costituiti da sabbie con ghiaie poligeniche a supporto clastico e sabbie con ghiaia in matrice limoso – argillosa con grado di alterazione medio.

La superficie limite superiore è caratterizzata da profilo di alterazione di spessore compreso tra 2,5 m e 4,5 m. L'alterazione interessa mediamente più del 50% dei clasti; i clasti metamorfici e i cristallini presentano un cortex di alterazione da millimetrico a centimetrico, alcuni metamorfici a tetto sono completamente arenizzati, i carbonatici sono decarbonatati e argillificati, i porfidi presentano cortex millimetrico. Il colore della matrice è 10YR con tendenza al 7.5YR, localmente 2.5Y.

È presente una copertura loessica costituita da limi massivi sia di colore 10YR sia colore 7.5YR; con clasti sparsi se colluviati, di spessore metrico. La sua locale assenza è interpretabile come dovuta ad erosione o ad intervento antropico.

Le ghiaie sono formate soprattutto da clasti di rocce cristalline e metamorfiche (graniti, dioriti, porfidi quarziferi, porfiriti, gneiss micacei, quarziti), mentre sono molto scarsi i calcari. I ciottoli, ben arrotondati, hanno dimensioni varie, ma il loro diametro supera raramente i 10 cm.

L'unità di Vedano al Lambro è caratterizzata dalla presenza di frequenti cavità sepolte di forma subsferica, cilindrica, lentiforme o talvolta ad imbuto, con diametri variabili che possono raggiungere dimensioni di 2-3 m e profondità massima sino a 12-13 m.

La posizione nel sottosuolo interessa generalmente gli strati più superficiali fino a circa 15 m di profondità dal piano campagna, con limite inferiore generalmente in corrispondenza di lenti o livelli di ghiaie cementate (conglomerati); la diffusione topografica tipo a "macchia di leopardo" non sembra seguire una logica predefinita. Tali cavità sono identificate con il nome corrente di "occhi pollini", o più raramente "occhi nespolini".

Se superficiali, le suddette strutture possono dar luogo a franamenti e alla creazione di "pozzi", mentre se presenti a profondità inferiori, sono spesso riempite da materiali fini limoso – argillosi.

L'origine di tali cavità sepolte non è del tutto appurata, sono attualmente in corso studi di carattere universitario con la finalità di accreditare le ipotesi più ricorrenti secondo le quali sia possibile un'origine per dissoluzione ed erosione ad opera dello scorrimento delle acque di infiltrazione nel sottosuolo lungo vie preferenziali.

Le aree di affioramento dell'*Unità di Vedano al Lambro* costituiscono estese piane che si allungano da nord a sud assottigliandosi a meridione. Spesso i depositi dell'unità si appoggiano ai più rilevati terrazzi dell'*Unità dei Pianalti*, formando un gradino altimetricamente intermedio tra questi e i depositi più recenti.

Morfologicamente, i ripiani terrazzati dell'*Unità Vedano al Lambro* mostrano una configurazione superficiale piuttosto piatta e uniforme, in contrasto con quella dei pianalti più antichi sempre leggermente ondulata, con una leggera vergenza verso sud/sud – ovest.

Lo spessore dell'unità può essere determinato solo con le perforazioni poiché non affiora la sua base. Dati sufficientemente attendibili provengono solo da pozzi dove unità ben identificabili, quali il Ceppo, sono presenti a letto dell'unità e permettono di conseguenza di delimitare quest'ultimo con sicurezza. A Macherio l'*Unità di Vedano al Lambro* presenta uno spessore di circa 35 – 40 m.

## **Li UNITÀ DI LISSONE**

***Assimilabile all'Alloformazione di Cantù*** (Pleistocene sup.)

Depositi fluvioglaciali costituiti da sabbie con ghiaie a supporto clastico in matrice sabbioso limosa passanti in profondità a ghiaie in matrice sabbiosa e limo subordinato; il grado di alterazione è debole ai danni dei soli carbonatici. Locale presenza di livelli cementati.

La superficie limite superiore è caratterizzata da un profilo di alterazione poco evoluto, inferiore a 2,5 m. La maggior parte dei clasti non è alterata o presenta cortex non molto sviluppati, solo i carbonati possono essere alterati e i metamorfici scistososi possono essere arenizzati nei primi metri. Il colore della matrice è 10YR, tranne negli affioramenti dove la matrice deriva dall'alterazione di porfidi ove può essere anche 5YR. I depositi di questa unità non sono coperti da loess.

Litologicamente i ciottoli hanno natura prevalentemente cristallina e metamorfica; sono presenti ciottoli di arenaria e calcarei. Accanto ai ciottoli inalterati s'incontrano abbastanza spesso ciottoli profondamente decomposti di evidente derivazione da depositi più antichi.

La presenza delle cavità sepolte denominate "occhi pollini", già descritte in precedenza per l'Unità di Vedano al Lambro, può essere riscontrata anche all'interno dell'Unità di Lissone, seppur con frequenza minore.

La morfologia dell'*Unità di Lissone* è molto uniforme: si tratta infatti di una piana che occupa le aree altimetricamente più basse comprese tra i terrazzi delle unità più antiche.

L'esatta delimitazione dello spessore dell'*Unità di Lissone* è possibile solo in corrispondenza di perforazioni dove le ghiaie si appoggiano direttamente su livelli ben identificabili, quali il Ceppo, le coperture limoso – argillose superficiali delle unità quaternarie più antiche, o le argille fluvio – lacustri del Villafranchiano. Nella zona intorno a Seregno è stato rilevato uno spessore medio di 50 m.

### **3.3 OSSERVAZIONI LITOSTRATIGRAFICHE DI DETTAGLIO**

Le caratteristiche litologiche delle unità geologiche sono state osservate in corrispondenza di spaccati artificiali come ad esempio: scavi e cantieri edili e di sondaggi eseguiti nell'ambito di altri studi.

Di seguito vengono descritte le caratteristiche riscontrate in ciascuno dei punti di osservazione, l'ubicazione dei quali è riportata in **Tav. 1** e in **Tav. 4**.

**SCAVO N. 1***Località:* Via Gradisca

0,0 – 0,4 m	Riporto
0,4 – 1,3 m	Sabbia media fine marrone rossastra con ghiaia
1,3 – 1,8 m	Sabbia media fine marrone rossastra con ghiaia e ciottoli

**SCAVO N. 2***Località:* Via Micca

0,0 – 1,1 m	Sabbia e ghiaia con argilla di alterazione
1,1 – 3,2 m	Sabbia e ghiaia

**SCAVO N. 3***Località:* Via Asiago

0,0 – 1,5 m	Limo sabbioso argilloso
1,5 – 5,0	Sabbia e ghiaia in abbondante matrice limosa
5,0 – 11,0 m	Sabbia con ghiaia e ciottoli

**SCAVO N. 4***Località:* Via Gorizia

0,0 – 1,1 m	Sabbia e ghiaia con argilla di alterazione
1,1 – 3,2 m	Sabbia e ghiaia con ciottoli arrotondati

**SONDAGGIO S1***Località:* Indagini Area Piazza Libertà

0,0 – 0,5 m	Sottofondo stradale
0,5 – 1,5 m	Argilla sabbiosa con rari ciottoli
1,5 – 7,0 m	Sabbia fine e media con ghiaia e ciottoli centimetrici subarrotondati; presenza di livelli debolmente cementati

**SONDAGGIO S2***Località:* Indagini Piazza Libertà

0,0 – 3,0 m	Terreni di riporto argillosi e sabbiosi con mattoni e macerie
3,0 – 7,0 m	Sabbia fine e media argillosa umida con ghiaia



## 4. IDROGEOLOGIA

Le elaborazioni idrogeologiche effettuate nel corso del presente lavoro sono state condotte sulla base dei dati provenienti da studi precedenti, opportunamente aggiornati con dati recenti disponibili presso il Comune di Lissone e il Sistema Informativo Falda (SIF).

In **All. 1** sono riportate le caratteristiche tecniche costruttive dei pozzi pubblici ad uso potabile, congiuntamente a quelle dei pozzi privati ad uso industriale, presenti in corrispondenza del territorio comunale di Lissone.

Particolare importanza è stata data alle caratteristiche di permeabilità dei depositi superficiali come parametro base per la valutazione della vulnerabilità (**Tav. 2**).

Sulla base delle caratteristiche litologiche dedotte dalle stratigrafie dei pozzi più significativi, sia pubblici sia privati, si sono classificate nel sottosuolo varie unità idrogeologiche, distinguibili per la loro omogeneità di costituzione e di continuità orizzontale e verticale. I rapporti stratigrafici tra le unità idrogeologiche seguenti sono illustrati nella sezione di **Tav. 3**.

### 4.1 CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ IDROGEOLOGICHE DI SOTTOSUOLO

Le unità idrogeologiche riconosciute sono di seguito descritte dalla più profonda alla più superficiale:

#### UNITÀ IDROGEOLOGICA A

Corrisponde ai depositi superficiali costituiti da alluvioni recenti (non compare nella **Tav. 3**).

#### UNITÀ IDROGEOLOGICA B

È presente con continuità in tutta l'area di indagine con spessori di circa 60 - 70 m (80 m nel caso del pozzo n. 7). Rappresenta l'acquifero più suscettibile ad eventuali inquinamenti. Al suo interno si possono distinguere due sub – unità:

*Unità idrogeologica B1*: litozona argillosa e limoso – ghiaiosa presente nelle aree terrazzate morfologicamente più rilevate, con spessori massimi di circa 20 m (non compare nella **Tav. 3**).

*Unità idrogeologica B2*: litozona ghiaioso – sabbiosa spessa 60 - 70 m ed avente origine fluvio – glaciale. A tale litozona appartiene la formazione rocciosa denominata *Cepo* rappresentata da *facies* talora a prevalente matrice fine (arenaria) ma prevalentemente in *facies* grossolana (conglomerato). Talora tale formazione si presenta fortemente fratturata e a volte con livelli scarsamente cementati. All'interno di tale formazione, si possono ritrovare delle cavità, anche di qualche mc di dimensione, derivanti dalle peculiari condizioni di sedimentazione e interessati da fenomeni di dissoluzione chimica.

### UNITÀ IDROGEOLOGICA C

Litozona sabbioso – argillosa con intercalati livelli di materiali granulari, che rappresenta dal punto di vista della trasmissività un elemento "aquitard" nei processi di filtrazione verticale; essa costituisce un elemento di transizione alla sottostante Unità D. Nell'area di interesse lo spessore dell'unità è pari a circa 55 - 60 m.

È sede di acquiferi confinati captati dai pozzi di Lissone, la cui vulnerabilità è mitigata dalla presenza al tetto di strati argillosi di spessore variabile. Non sono da escludere collegamenti ed alimentazioni da parte dell'acquifero superiore libero, ad alta vulnerabilità.

### UNITÀ IDROGEOLOGICA D

Litozona argillosa costituita da sedimenti di origine marina caratterizzata da bassi valori di permeabilità, all'interno dei quali sono talora presenti dei banchi ghiaiosi di limitato spessore. L'unità si ritrova a circa 120 – 130 m di profondità in corrispondenza dei pozzi n. 2 e 3.

All'interno di tale formazione si rinvencono inoltre acque con scarse proprietà organolettiche derivanti dai processi riducenti sviluppatisi all'interno delle formazioni marine. L'unità può essere considerata la base impermeabile delle strutture acquifere significative.

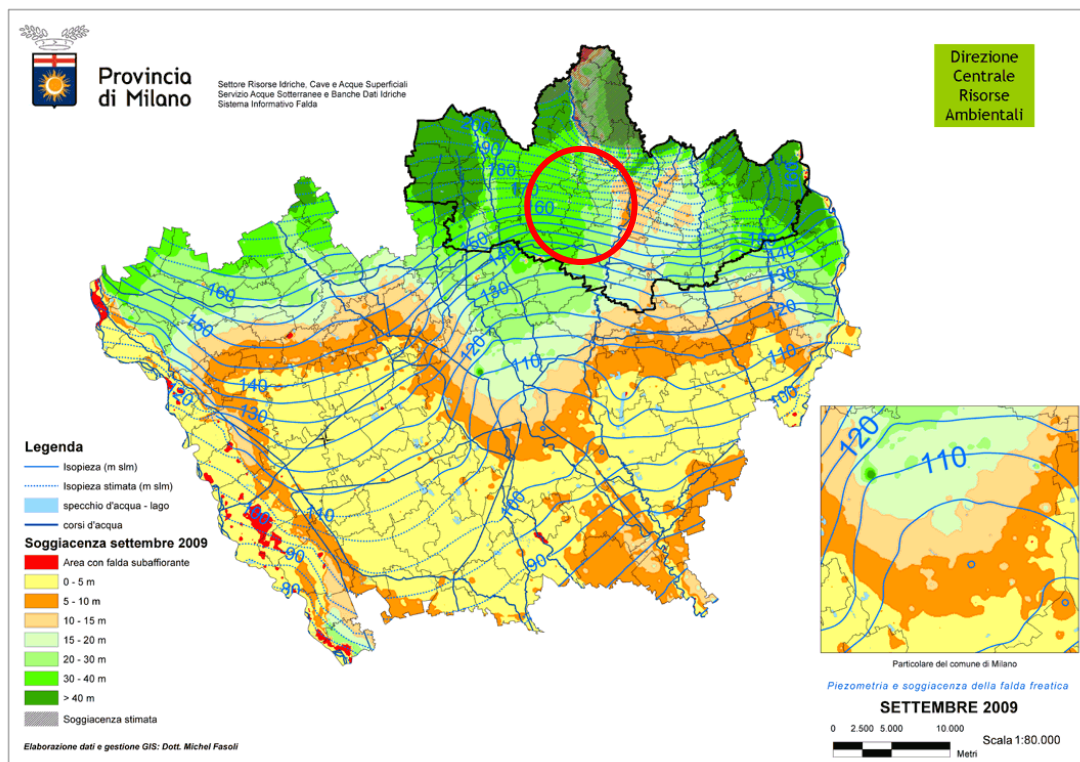
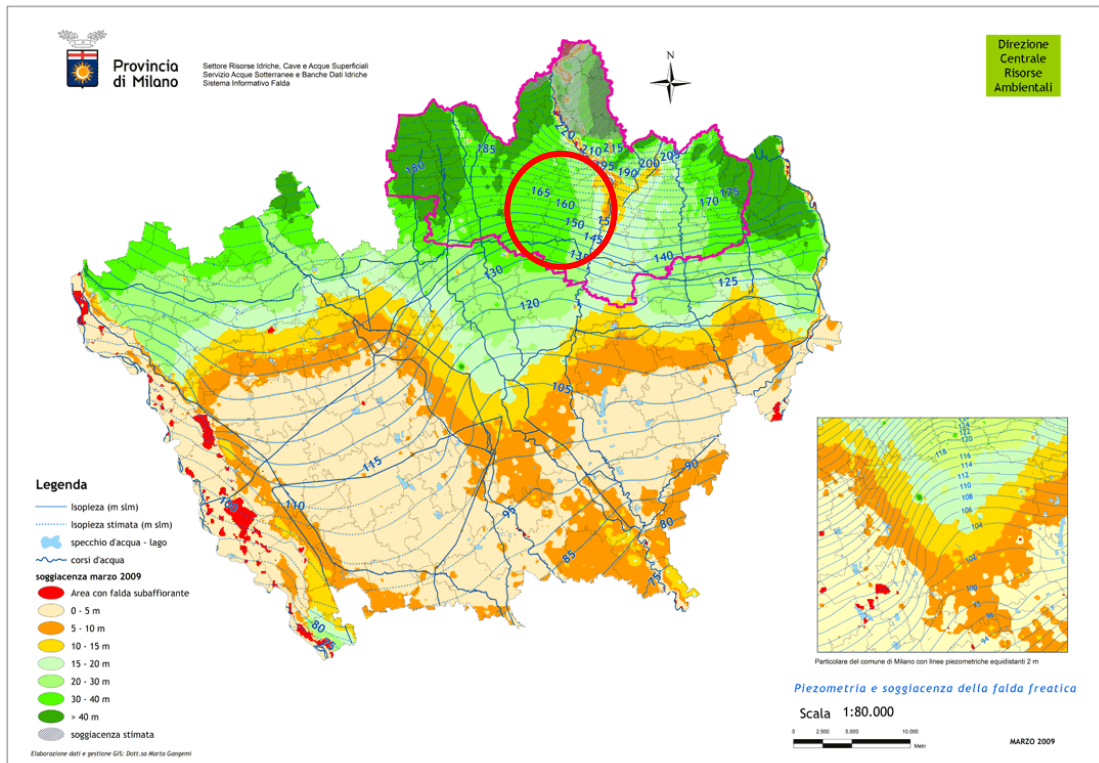
## **4.2 PIEZOMETRIA DELLA FALDA**

La ricostruzione della morfologia della superficie piezometrica della falda superiore è basata sui dati della rete di monitoraggio piezometrico forniti dalla Provincia di Milano – Sistema Informativo Falda e sono aggiornati al 2009 (Marzo e Settembre).

Lo schema di deflusso idrico di falda è evidenziato, a scala regionale, nelle figure seguenti.

L'elaborazione dei dati evidenzia, per il territorio comunale di Lissone, quote piezometriche comprese fra 165 e 145 m s.l.m. decrescenti verso i settori meridionali, con direzioni del flusso idrico sotterraneo orientate NE – SW. Nell'area di interesse il livello piezometrico si trova pertanto tra i 48 m di profondità, nel settore NW, ed i 37 m di profondità, nel settore SE, dall'attuale superficie topografica (soggiacenza). Il gradiente idraulico varia tra valori pari a circa 0,6 % a N e 0,5 % a S.

Occorre precisare che il bacino di alimentazione della falda nel territorio di Lissone, al di là della ricarica locale per infiltrazione di acque meteoriche, si spinge sino alle ondulazioni prealpine poste a monte.



La falda libera si colloca all'interno della litozona ghiaioso sabbiosa (Unità B2 descritta nel precedente paragrafo). Tale litozona presenta alternanze di strati

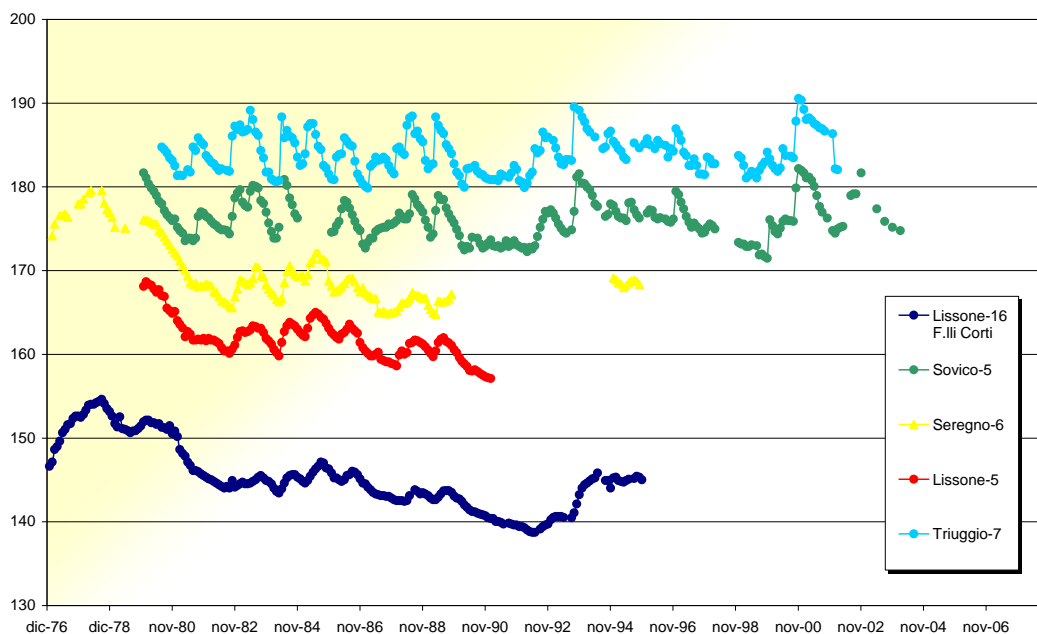
ghiaioso – sabbiosi a scarso o nullo grado di cementazione con notevole capacità di ritenzione, intercalati a banconi conglomeratici permeabili per fessurazione.

Per valutare l'andamento della superficie piezometrica nel tempo della prima falda sono state analizzate le misure effettuate nel periodo compreso tra il 1976 e il 2003.

In particolare il grafico alla pagina seguente analizza i dati del monitoraggio del SIF riferiti ai pozzi n. 16 e 5 di Lissone, e ai pozzi n. 7 di Triuggio, n. 6 di Seregno e n. 5 di Sovico, posti a monte dell'area di interesse.

Dalle misure effettuate sui pozzi di Lissone si può notare come la massima escursione nel periodo 1976 – 1995 sia di circa 16 m, e come nel periodo 1978 si sia registrato un massimo piezometrico a cui è seguito un andamento pluriennale legato principalmente ad una diminuzione complessiva delle alimentazioni interrotta a partire dal 1992.

L'andamento della superficie piezometrica dei pozzi a monte di Lissone evidenzia invece un lieve innalzamento della superficie freatica nel periodo 1992 -2003 in relazione ad un moderato aumento della piovosità media.



Il significativo innalzamento del livello di falda nel periodo 1976 – 1978 appare correlabile ai fenomeni esondivi del Fiume Lambro avvenuti nel 1976, che hanno comportato una notevole ricarica all'acquifero.

### **4.3 VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI ALL'INQUINAMENTO**

La caratterizzazione riguardante la vulnerabilità degli acquiferi nel territorio comunale è riportata in **Tav. 2**.

La vulnerabilità intrinseca è una caratteristica idrogeologica areale che descrive la facilità con cui un inquinante generico, idroveicolato, sversato sul suolo o nel primo sottosuolo, raggiunge la falda libera e la contamina.

La vulnerabilità intrinseca di un'area viene definita principalmente in base alle caratteristiche ed allo spessore dei terreni attraversati dalle acque di infiltrazione (e quindi dagli eventuali inquinanti idroveicolati) prima di raggiungere la prima falda acquifera, nonché dalle caratteristiche della zona satura. Nel territorio comunale di Lissone essa dipende sostanzialmente da quattro fattori:

1. caratteristiche di permeabilità dell'unità acquifera e modalità di circolazione delle acque sotterranee in falda: l'acquifero più superficiale, a cui si riferisce la **Tav. 2**, è comune a tutta l'area ed è da considerarsi complessivamente omogeneo. Esso è costituito da ghiaie e sabbie con permeabilità primaria alta, ed estesi orizzonti cementati, permeabili per fessurazione.
2. soggiacenza della falda: la soggiacenza della falda, determinata in base alla carta delle isopiezometriche (**Tav. 2**) varia tra i 48 m di profondità, nel settore NW, ed i 37 m di profondità, nel settore SE del territorio comunale.
3. caratteristiche litologiche e di permeabilità del terreno non saturo: esse dipendono principalmente dai caratteri litologici e tessiturali dei depositi superficiali, ed in particolare delle sequenze sommitali, in quanto l'elevata permeabilità dell'unità sottostante consente solo una limitata attenuazione di eventuali fenomeni di inquinamento. L'eventuale asportazione dei suoli, verificata in corrispondenza di cave ad esempio, aumenta localmente la vulnerabilità dell'acquifero. Nell'ambito del territorio comunale sono distinguibili due aree con caratteristiche differenti per quanto attiene la vulnerabilità: quelle di affioramento di terreni fluvioglaciali ricoperti da limo (Unità dei Vedano al Lambro), dove sono presenti sequenze sommitali fini spesse sino a circa 2 m e cavità subsferiche sepolte nei primi 15 m di profondità (occhi pollini), ed il resto del territorio comunale, con frequenza minore di cavità sepolte e con sequenze fini pedogenizzate ("coltivo") di spessore più ridotto pari a circa 50 cm (Unità di Lissone).
4. presenza di corsi d'acqua superficiali sospesi rispetto alla piezometrica media della falda: in accordo con quanto riportato sulla Legenda unificata, la presenza di corsi d'acqua superficiali aumenta di un grado la vulnerabilità nei pressi dell'alveo. Nel territorio comunale di Lissone non sono presenti corsi d'acqua superficiali.

L'incrocio dei fattori descritti ha permesso di individuare, nel territorio comunale differenti condizioni di vulnerabilità dell'acquifero, riportate in **Tav. 2**. Le unità idrogeologiche riconosciute nel territorio vengono di seguito sinteticamente descritte, definendone il grado di permeabilità e di vulnerabilità.

**Vd DEPOSITI FLUVIOGLACIALI CON FREQUENTE PRESENZA DI CAVITÀ SEPOLTE**

Sabbie con ghiaie poligeniche ed eterometriche a supporto clastico in matrice limoso – argillosa; presenza di un livello superiore di limi sabbioso – argillosi localmente sovraconsolidati fino a circa 2 m di spessore; presenza di cavità sepolte di forma subsferica (occhi pollini) nei primi 15 m di profondità.

La protezione dell'acquifero dovuta alle coperture superficiali poco permeabili di fatto è compromessa dalla presenza delle suddette cavità sepolte, che costituiscono delle vie preferenziali alla infiltrazione delle acque in profondità.

Soggiacenza della falda >35 m.

Grado di permeabilità: alto

Grado di vulnerabilità: elevato

**LI DEPOSITI FLUVIOGLACIALI**

Sabbie con ghiaie a supporto clastico in matrice sabbiosa limosa passanti in profondità a ghiaie in matrice sabbiosa e limo subordinato.

Localmente sono presenti dei livelli cementati che riducono il grado di vulnerabilità, tuttavia non è da escludersi la presenza di cavità sepolte nel primo sottosuolo.

Soggiacenza della falda >35 m.

Grado di permeabilità: alto

Grado di vulnerabilità: alto

Dall'analisi delle condizioni di vulnerabilità viste in precedenza si rilevano le seguenti situazioni:

- la maggior parte del territorio comunale è caratterizzato da vulnerabilità intrinseca elevata;
- le aree orientali del territorio comunale presentano una maggiore vulnerabilità intrinseca (da elevata fino ad estremamente elevata) dovuta alla maggior permeabilità dei depositi caratterizzati dalla presenza di cavità sepolte ed alla minor soggiacenza della falda;
- nel territorio sono inoltre presenti vari centri di pericolo di tipo puntuale e lineare, quali ad esempio insediamenti industriali sia attivi che dismessi.

#### 4.4 QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE

La qualità delle acque sotterranee è un importante indicatore della entità della pressione antropica sugli acquiferi e della efficacia degli interventi di salvaguardia.

La valutazione delle caratteristiche idrochimiche delle acque di falda è basata sull'esame delle analisi dei pozzi pubblici e privati del territorio, provenienti dalla banca dati del Sistema Informativo Falda (SIF) della Provincia di Milano e sui risultati delle analisi chimico – fisiche effettuate sui pozzi del comune di Lissone da BrianzAcque e pubblicate sul proprio sito.

Nell'interpretazione dei dati, è indispensabile considerare la posizione dei filtri, in quanto le caratteristiche idrochimiche variano anche in funzione dei livelli acquiferi captati.

I pozzi ad uso potabile del pubblico acquedotto captano oltre alla falda libera anche falde intermedie localizzate in sedimenti sabbioso – ghiaiosi cui si intercalano orizzonti argillosi con discreta continuità laterale e caratterizzate, in condizioni naturali, da un grado di vulnerabilità intrinseca medio – basso.

La facies idrochimica delle falde captate dai pozzi del pubblico acquedotto è sinteticamente illustrata nella sottostante tabella, in cui sono riportati i valori medi annui dei principali parametri chimico – fisici ricavati dalle ultime analisi disponibili presso il SIF (All. 4).

<b>Cond. (<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b>	595,87	<b>Calcio (<math>\text{mg/l}</math>)</b>	71,39
<b>Durezza (<math>^{\circ}\text{F}</math>)</b>	25,57	<b>Magnesio (<math>\text{mg/l}</math>)</b>	18,96
<b>Residuo fisso a <math>180^{\circ}</math> (<math>\text{mg/l}</math>)</b>	426,52	<b>Arsenico (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	0,81
<b>pH</b>	7,49	<b>Cadmio (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	0
<b>Solfati (<math>\text{mg/l}</math>)</b>	37,43	<b>Cromo6+ (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	–
<b>Cloruri (<math>\text{mg/l}</math>)</b>	20,04	<b>Fosforo (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	0
<b>Nitrati (<math>\text{mg/l}</math>)</b>	36,61	<b>Piombo (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	0
<b>Ferro (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	44,61	<b>Mercurio (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	–
<b>Manganese (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	6,65	<b>TOT Antiparassitari (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	–
<b>Ammoniaca (<math>\text{mg/l}</math>)</b>	0,05	<b>TOT Comp. organoalogenati (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	6,57

Le caratteristiche qualitative delle acque evidenziano una facies idrochimica carbonato – calcica, caratterizzata da un grado di mineralizzazione complessiva medio – alto e valori di conducibilità generalmente compresi tra 550 – 600  $\mu\text{S/cm}$ . La durezza dell'acqua è mediamente pari a circa 30  $^{\circ}\text{F}$  ed è quindi classificata come acqua mediamente dura.

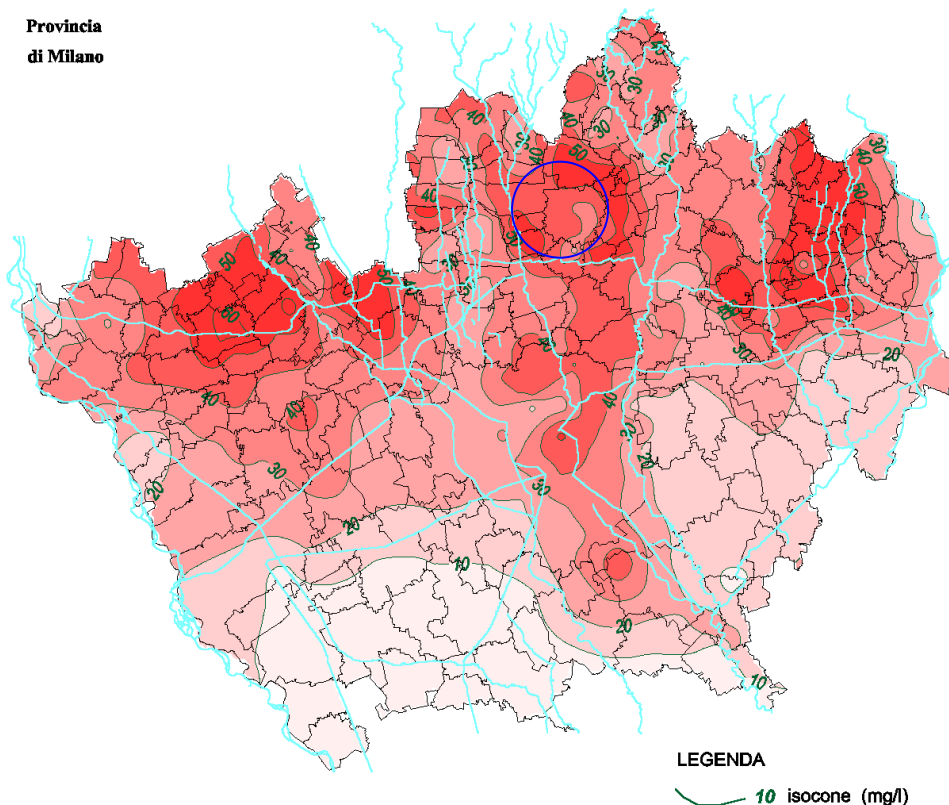
I pozzi ad uso potabile del comune di Lissone, captanti anche l'acquifero superiore maggiormente vulnerabile, sono localizzati lungo le direttrici del flusso idrico sotterraneo contaminate da un *plume* ad alta concentrazione di nitrati orientato lungo la direttrice Seregno – Muggiò. Dall'analisi dei dati si nota come le concentrazioni di nitrati si mantengano generalmente intorno ai 40  $\text{mg/l}$ .

Tale situazione è ben rappresentata dalla seguente figura, che evidenzia comunque come la situazione sia assai simile a quella di diversi altri comuni posti ai margini nord della provincia di Milano.



Provincia  
di Milano

**CARTA DELLA CONCENTRAZIONE MASSIMA DI NITRATI**  
**FALDA TRADIZIONALE - Anno 2000**



Dalla comparazione delle medie annuali relative al periodo 1994 – 2000, si rileva una complessiva tendenza alla costanza di tutti i principali parametri idrochimici: durezza totale 26 – 33 °F; conducibilità 554 – 640  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; residuo fisso a 180 °C 398 – 458 mg/l.

Le concentrazioni di composti organo – alogenati, invece, mostrano un progressivo abbassamento nei contenuti, da 13,56  $\mu\text{g}/\text{l}$  nel 1994 a 6,57 nel 2000.

Per quanto riguarda il contenuto in ferro, invece, è stato registrato un andamento irregolare: le concentrazioni sono passate da 6,67  $\mu\text{g}/\text{l}$  nel 1994 a 95,2  $\mu\text{g}/\text{l}$  nel 1996, per portarsi a 44,61  $\mu\text{g}/\text{l}$  nel 1999.

#### **4.1 Classificazione idrochimica delle acque captate dai pozzi**

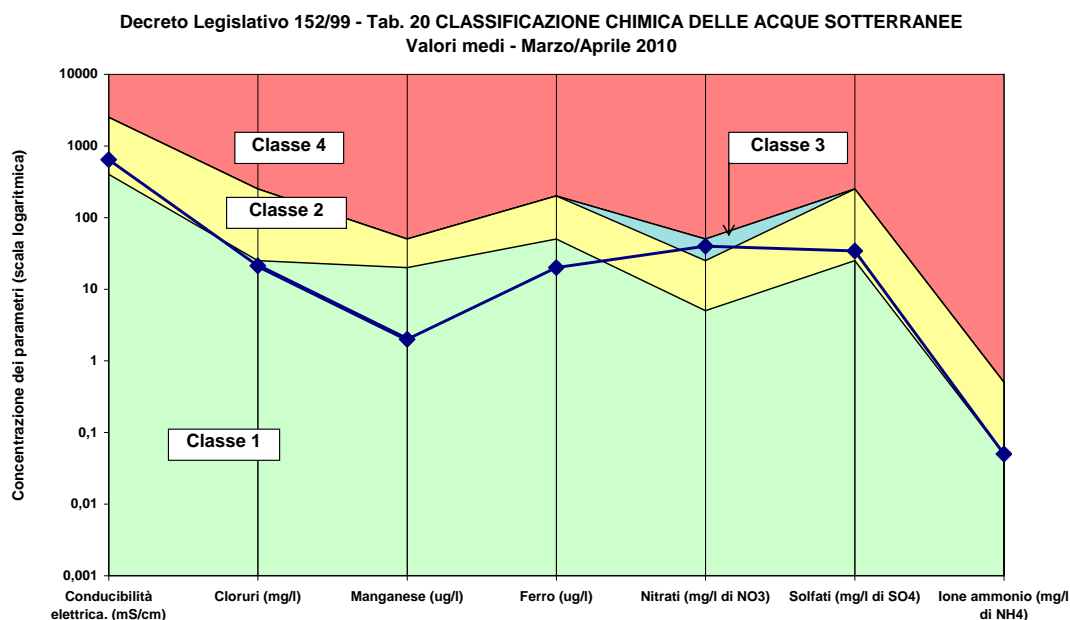
La classificazione dello stato idrochimico delle acque sotterranee è stata operata riconducendosi a quella proposta dalla precedente normativa (D. Lgs. 152/99), in analogia a quanto presente nel Programma di Uso e Tutela delle Acque della Regione Lombardia.

Vengono quindi individuate quattro classi che esprimono una stima dell'impatto antropico sulle acque sotterranee e ne definiscono le caratteristiche idrochimiche,



valutate considerando le concentrazioni di 7 parametri di base o "macrodescrittori" (conduttività, cloruri, solfati, nitrati, ferro, manganese, ammoniaca); le classi vengono descritte come:

<b>Classe 1:</b>	Impatto antropico nullo o trascurabile, con pregiate caratteristiche idrochimiche
<b>Classe 2:</b>	Impatto antropico ridotto e sostenibile sul lungo periodo, con buone caratteristiche idrochimiche
<b>Classe 3:</b>	Impatto antropico significativo, con caratteristiche idrochimiche generalmente buone, ma con alcuni segnali di compromissione
<b>Classe 4:</b>	Impatto antropico rilevante, con caratteristiche idrochimiche scadenti



La graficizzazione dei parametri chimici relativi alle acque dei pozzi appartenenti alla rete acquedottistica comunale indica che lo stato chimico complessivo delle acque ricade in **classe 3** (parametro "nitrati" compreso tra 25 e 50 mg/l), ad indicare un impatto antropico significativo, con caratteristiche idrochimiche generalmente buone, ma con alcuni segnali di compromissione.

Dall'analisi dei dati si nota come lo stato complessivo della qualità delle acque di falda superficiale in corrispondenza del territorio di Lissone sia compromesso dalla concentrazione dei nitrati generalmente elevata.

La presenza dei nitrati nella falda superficiale espone ad un calo qualitativo anche le acque captate dai pozzi con tratti filtranti estesi sia alla prima che alla seconda falda, complessivamente migliori dal punto di vista qualitativo.

#### **4.5 USO DEL SUOLO E UBICAZIONE DEI CENTRI DI PERICOLO**

L'intera area comunale, ha subito un importante sviluppo residenziale ed industriale negli ultimi 50 anni, che ha determinato una drastica riduzione delle superfici agricole, limitandole ad appezzamenti di dimensioni contenute, collocati perlopiù a confine con i comuni limitrofi.

Seminativi asciutti (prevalentemente coltivazioni cerealicole), erano alla base dello sfruttamento del suolo fino alla metà del secolo scorso, anche se l'agricoltura non costituiva l'attività principale di Lissone.

Attualmente la maggior parte del territorio comunale di Lissone risulta essere edificato. Per quanto attiene specificatamente alle aree di rispetto dei pozzi oggetto della presente relazione si ravvisa che per tutti i pozzi appartenenti al acquedotto comunale sono ubicati in aree a prevalente uso residenziale, con la locale presenza di attività produttive perlopiù a carattere artigianale (soprattutto mobilifici).

##### **4.5.1 Ubicazione dei centri di pericolo**

Ai sensi della D.G.R. n. 6/15137/96, su tutto il territorio comunale è stata ricercata e mappata la presenza di "centri di pericolo" per la tutela delle acque di falda, come definiti dall'art. 21 del D.Lgs. n. 152/99 e succ. modif. (**Tav. 2**).

La definizione di "centri di pericolo" è stata applicata con accezione piuttosto ampia, considerando, oltre alle attività non compatibili nelle Zone di Rispetto (ZR) dei pozzi per acqua destinata al consumo umano, anche le attività produttive presenti sul territorio che rappresentano un "rischio" solo potenziale.

In sintesi sono state censite e riportate in cartografia le seguenti tipologie:

- attività produttive classificate a "rischio di incidente rilevante" ai sensi del D.Lgs. 334/99 e 238/05;
- aree industriali cessate in corso di riconversione urbanistica, oggetto di indagine di caratterizzazione ambientale ed eventuale bonifica;
- distributori di carburanti e autolavaggi;
- rete e collettore dei reflui fognari;
- aree cimiteriali;
- ospedali;
- strade di grande traffico;
- rete ferroviaria.

Dalla **Tav. 2** si osserva che tutti i pozzi sono inseriti aree intensamente edificate, anche con presenza di attività produttive di vario genere.

Nello specifico, per quanto riguarda i poggi oggetto di ridelimitazione della Zona di Rispetto:

- all'interno della Zona di Rispetto del pozzo n. 8 – V.le Martiri della libertà si segnala la presenza a ridosso della Zona di Tutela Assoluta di un distributore di carburanti (Tamoil);
- all'interno della Zona di Rispetto del pozzo n. 34/35 – Via San Giorgio si segnala la presenza di:
  - Concessionario e officina Polaris;
  - Concessionario e officina Nissan;
  - Carrozzeria Gran Linea Lombarda;
  - Ditta di lavorazione meccanica di materiali non metallici (Meroni e Longoni);
  - Produzione di serramenti ed infissi (Essal s.n.c.);
  - Produzione apparecchiature per l'illuminazione (P.U.K. s.r.l.).
- all'interno della Zona di Rispetto del pozzo n. 37/38 – Vi.le della Repubblica si segnala la presenza di mobilifici (GIEFFE S.a.s. e F.lli Santambrogio S.n.c.):

Tali situazione di criticità dovranno essere puntualmente valutate in base a quanto definito dall'art. 94 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., adottando, se del caso, le misure per l'allontanamento o garantirne la messa in sicurezza.

#### **4.6 OPERE DI CAPTAZIONE ED INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA**

Il Comune di Lissone dispone delle seguenti opere di captazione per l'approvvigionamento idrico del proprio acquedotto comunale:

<b>Numero</b>	<b>Proprietà</b>	<b>Località</b>	<b>Criterio di delimitazione della ZR</b>
4	A.S.M.L.	v.le Martiri della Libertà	geometrico
5	A.S.M.L.	via de Amicis	geometrico
6	A.S.M.L.	via C. Battisti	temporale
7	A.S.M.L.	via N. Sauro	geometrico
8	A.S.M.L.	v.le Martiri della Libertà	temporale (proposta)
10	A.S.M.L.	via Volturmo	temporale
11	A.S.M.L.	v.le Lombardia	geometrico
12	A.S.M.L.	via Pacinotti	geometrico
32/33	A.S.M.L.	via Lamarmora	geometrico
34/35	A.S.M.L.	via S. Giorgio	temporale (proposta)
37/38	A.S.M.L.	v.le della Repubblica	temporale (proposta)

Sul territorio è altresì presente un altro pozzo appartenente all'acquedotto comunale (Pozzo 9 – Via Cilea – Centro sportivo) attualmente disinserito dalla rete acquedottistica, ma non ancora definitivamente dismesso.

I dati completi sui pozzi sono riportati nell'elenco di **All. 1** e nelle schede per il censimento delle opere di captazione degli **All. 2**.

Le Zone di Rispetto di 6 pozzi dell'acquedotto comunale (ZR) sono definite con criterio geometrico, cioè coincidenti con un cerchio di raggio 200 m dall'asse della captazione. Le stesse sono individuate in **Tav. 2**, dove sono stati riportati gli elementi idrogeologici e, con maggior dettaglio, in **Tav. 8**.

Le Zone di Rispetto dei pozzi n. 6 – via Battisti e n. 10 – via Volturno sono invece definite con criterio temporale (autorizzazione concessa dalla Provincia di Milano, settore risorse idriche e cave, con Aut. Dir. n. 302/2005 del 14 dicembre 2005 – **All. 7**).

Pertanto, con il suddetto criterio, la delimitazione della ZR coincide con l'involuppo dei punti isocroni circostanti i pozzi, corrispondenti ad un tempo di sicurezza di 60 giorni, calcolati sulla base delle condizioni di emungimento alla massima portata di esercizio.

Tale rappresentazione indica che un eventuale inquinante che contamina la falda in prossimità del limite della ZR così individuata, giunge al pozzo in un tempo di circa 60 giorni; intervallo di tempo considerato sufficiente alla degradazione di molti inquinamenti di tipo batteriologico.

Il medesimo criterio è stato utilizzato per la ridefinizione delle Zone di Rispetto dei pozzi n. 8 – V.le Martiri della libertà, n. 34/35 – Via San Giorgio e n. 37/38 – V.le della Repubblica. Tale ridelimitazione deve essere sottoposta agli Enti competenti per l'approvazione.

Fino alla conclusione dell'iter e alla definitiva approvazione da parte degli Enti preposti, per i suddetti pozzo è ancora vigente la Zona di rispetto definita con criterio geometrico (raggio=200 m).

Il quadro normativo da applicare all'interno di tali aree è riferibile al D.Lgs. 152/06 modificato dal D.Lgs. 4/08 ed integrato dalla D.G.R. 7/12693/03, che definiscono le attività compatibili nelle aree di salvaguardia delle opere di captazione di acque destinate al consumo umano (cfr. **Cap. 10**).

## **5 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA DELLE OPERE DI CAPTAZIONE**

Parallelamente alla redazione dello studio geologico ai sensi dell'Art. 57 della L.R. 12/05, il Comune di Lissone ha commissionato l'effettuazione di prove ed elaborazioni finalizzate alla ridelimitazione delle aree di salvaguardia di alcuni pozzi captanti acque destinate al consumo umano ai sensi della D.G.R. 6/15137/96.

Nello specifico i pozzi interessati dalla ridelimitazione sono i seguenti:

- pozzo n. 8 – Viale Martiri della libertà;
- pozzo n. 34/35 – Via San Giorgio;
- pozzo 37/38 – Viale della Repubblica.

Nella presente relazione vengono riportati i passaggi metodologici e la sintesi delle elaborazioni che hanno condotto alla proposta definitiva di ridelimitazione delle zone di rispetto (ZR) e delle zone di protezione (ZP) effettuata con criterio temporale.

### **5.1 MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE PROVE IDRAULICHE DI POMPAGGIO**

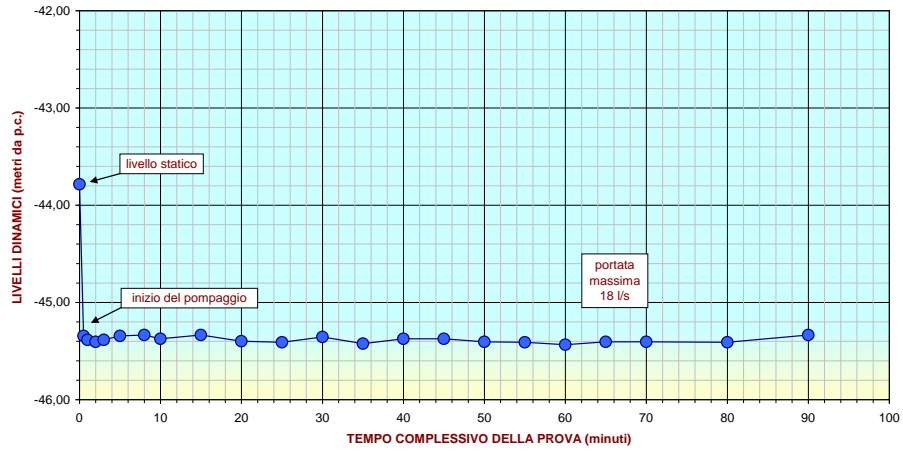
Al fine di acquisire i parametri idrogeologici dell'acquifero, il 22 e il 30 giugno 2010, sono state effettuate prove idrauliche di pompaggio a portata costante rispettivamente sul pozzo n. 34/35 di Via San Giorgio e sui pozzi n. 8 di Viale Martiri della libertà e n. 37/38 di Viale della Repubblica.

Le prove sono state condotte, servendosi dell'equipaggiamento idraulico in dotazione, misurando inizialmente il livello statico e, dopo aver acceso la pompa, misurando i livelli dinamici ad intervalli prestabiliti, mantenendo costante la portata di esercizio del pozzo per tutto il periodo di prova.

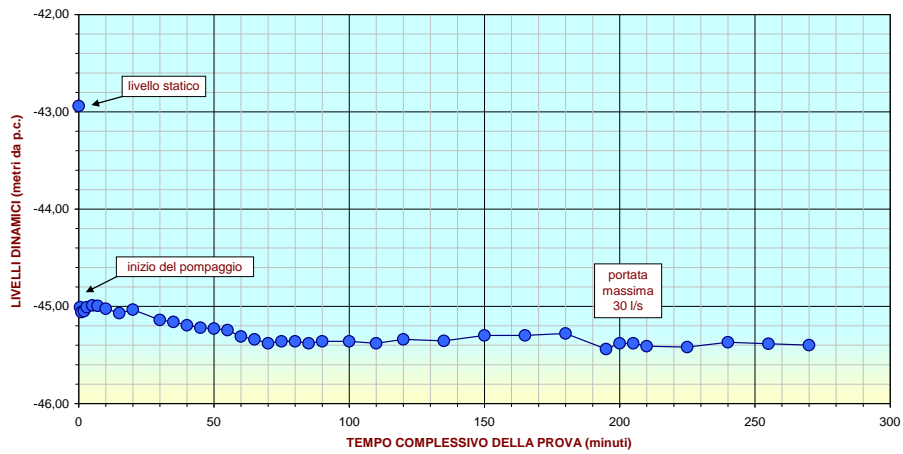
I dati rilevati durante le prove di pompaggio sono illustrati in **All. 5**.

Il pompaggio ha influito sull'andamento dei livelli dinamici nel modo rappresentato dai grafici seguenti.

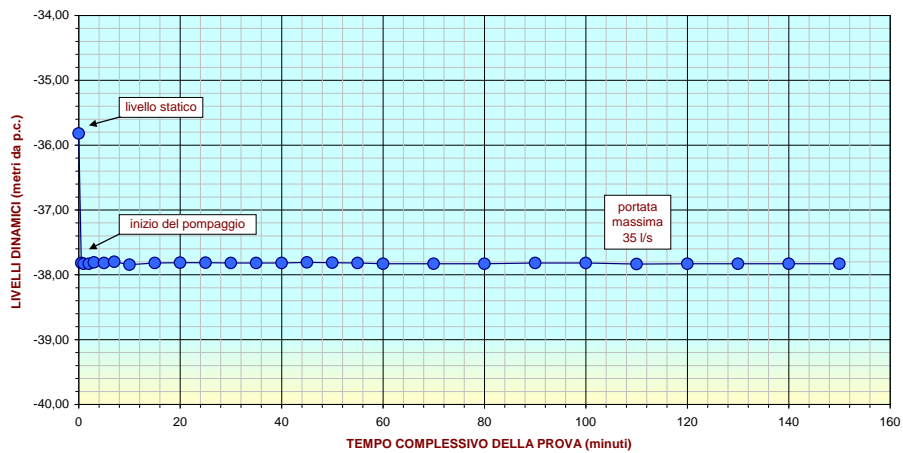
Comune di Lissone (MB) - Pozzo 8 - Viale Martiri della libertà  
 PROVA DI POMPAGGIO ESEGUITA IN DATA 30/06/2010  
ANDAMENTO DELLA PROVA A PORTATA COSTANTE



Comune di Lissone (MB) - Pozzo 34/35 - Via San Giorgio  
 PROVA DI POMPAGGIO ESEGUITA IN DATA 22/06/2010  
ANDAMENTO DELLA PROVA A PORTATA COSTANTE



Comune di Lissone (MB) - Pozzo 37/38 - Viale della Repubblica  
 PROVA DI POMPAGGIO ESEGUITA IN DATA 30/06/2010  
ANDAMENTO DELLA PROVA A PORTATA COSTANTE



## 5.2 DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI IDROGEOLOGICI DELL'ACQUIFERO

Le prove idrauliche di pompaggio sono state interpretate con un metodo che evince i parametri dell'acquifero sulla base del comportamento della falda in regime transitorio.

Nella tabella seguente sono riportati i dati di prova ed i valori dei parametri idrogeologici di base attribuiti all'acquifero.

Pozzi in esercizio	Unità di misura	8 – Viale Martiri della libertà	34/35 – Via San Giorgio	37/38 – Viale della Repubblica
Data	-	30/06/2010	22/06/2010	30/06/2010
Durata prova	-	1h 30'	4h 30'	2h 30'
Portata	l/s	17,6	29,7	35
Abbassamento	m	1,62	2,46	2,01
Porosità efficace	adim.	0,2 (20%)	0,2 (20%)	0,2 (20%)
Spessore acquifero	m	18,21	21,06	19
Gradiente falda	adim.	0,005 (5‰)	0,005 (5‰)	0,005 (5‰)
Direzione falda	gradi	188°	191°	191°

Va precisato che trattandosi di pozzi esistenti non vi è stata alcuna possibilità di effettuare il campionamento del terreno e l'esecuzione di prove sperimentali per la determinazione della **porosità efficace** dei terreni acquiferi.

Questo parametro è stato quindi stimato confrontando le descrizioni litologico – stratigrafiche dei pozzi con i valori indicativi di porosità efficace proposti dal *Water Supply Paper del U.S. Geological Survey (All. 7)*.

Da tali correlazioni emerge la possibilità di attribuire alle litologie ghiaioso sabbiose come quelle in esame un valore di porosità efficace compreso tra 0,23 e 0,28; tuttavia, a favore di sicurezza e stante l'approssimazione di tali fonti bibliografiche, si è preferito utilizzare nei successivi calcoli un valore di porosità efficace pari a 0,2.

La determinazione dei parametri di **direzione del flusso idrico** e di **gradiente della falda** è stata inizialmente effettuata sulla base dei dati della rete di monitoraggio piezometrico della Provincia di Milano - Sistema Informativo Falda, opportunamente aggiornati con misure piezometriche originali svolte nell'ambito del presente studio (**Tav. 2**). Le suddette misure piezometriche hanno consentito una migliore taratura locale dei parametri, con particolare riferimento al gradiente idraulico che è risultato essere minore rispetto a quanto deducibile dai dati pubblicati dal SIF.

Infine lo **spessore dell'acquifero** è stato calcolato sommando lo spessore degli strati acquiferi ricavati sulla base delle descrizioni litologico – stratigrafiche dei pozzi (**All. 3**), tenendo conto anche delle correlazioni effettuate nelle sezioni idrogeologiche.

Il valore di "trasmissività dell'acquifero" (T) è stato determinato con l'applicazione del metodo grafico di sovrapposizione delle curve standard precalcolate per falde di tipo non confinato con risposta ritardata, applicabili ai dati ottenuti dalle fasi finali di una prova di pompaggio, successive alla risposta elastica dell'acquifero.

Il grafico in **All. 6** illustra l'applicazione del metodo tramite l'utilizzo di uno specifico software (GWAP), utilizzando il tratto della curva effettivamente indicativo dell'abbassamento della falda ed escludendo i primi dati relativi allo svuotamento della colonna.

Nella tabella seguente sono riportati i valori dei parametri idrogeologici dell'acquifero ottenuti con le suddette elaborazioni:

Pozzi in esercizio	Trasmissività [mq/s]	Permeabilità [m/s]
8 – V.le Martiri della libertà	$4,003 \times 10^{-3}$	$2,198 \times 10^{-4}$
34/35 – Via San Giorgio	$5,123 \times 10^{-3}$	$2,433 \times 10^{-4}$
37/38 – V.le della Repubblica	$6,322 \times 10^{-3}$	$3,327 \times 10^{-4}$

Si osserva che le due distinte prove forniscono valori fra loro compatibili, in relazione allo stesso sistema idrogeologico captato (seppur con modeste differenze costruttive dei pozzi) costituito da strati acquiferi sovrapposti con analoghe caratteristiche litologiche.

### **5.3 ELABORAZIONE DEI DATI ED INDIVIDUAZIONE DEL CONO DI ALIMENTAZIONE DEL POZZO**

I dati desunti dalle prove sui pozzi sono stati utilizzati per caratterizzare i coni di alimentazione degli stessi.

Tali valori sono stati riferiti alle specifiche condizioni, applicando per ognuno dei pozzi la massima portata di esercizio.

L'elaborazione è stata condotta mediante il programma WHPA, che tramite modello di calcolo semianalitico consente la delimitazione delle aree di protezione dei pozzi. Il programma è riconosciuto dall'organismo Americano U.S. EPA (Environmental Protection Agency).

Sono stati sviluppati due modelli, uno per il pozzo n. 37/38, e uno per i pozzi n. 8 e 34/35, considerando per ognuno di essi gli specifici parametri idrogeologici. In dettaglio:

- per il pozzo 37/38 il modello che meglio si adatta alla situazione locale è risultato essere quello individuato dalla sigla MWCAP, utilizzabile per acquiferi omogenei con pozzi singoli;
- per i pozzi 8 e 34/35, posti a meno di 500 m l'uno dall'altro e captanti i medesimi acquiferi, il modello che meglio si adatta è risultato essere quello



individuato dalla sigla RESSQC, che permette di definire i coni di alimentazione di uno o più pozzi captanti acquiferi omogenei, tenendo conto delle possibili interferenze tra i pozzi stessi.

La simulazione è stata condotta considerando condizioni di emungimento alla massima portata di esercizio e tempo limite pari a **1 anno**. Dai coni di alimentazione così calcolati sono state individuate le isocrone corrispondenti ad un “tempo di sicurezza” di **60 giorni** e di **180 giorni**, che costituiranno rispettivamente la Zona di Rispetto e la possibile Zona di Protezione di ciascun pozzo, conformemente anche a quanto indicato nella D.G.R. n. 6/15137/96.

Nel seguito vengono riassunti i parametri idrogeologici utilizzati per le elaborazioni e le rappresentazioni grafiche dei risultati.

Come si osserva dalle figure, la forma dei coni di alimentazione è condizionata non solo dalle condizioni piezometriche locali (gradiente della falda) e dalla trasmissività dell'acquifero, ma anche dalla reciproca interferenza tra i pozzi.

La forma del cono di alimentazione del **pozzo n. 37/38**, in condizioni di massima portata di esercizio, presenta una leggera orientazione preferenziale NNE/SSW ed estensione:

- 153 m a monte, 96 m a valle e 118 m lateralmente per un tempo di sicurezza pari a 60 giorni;
- 307 m a monte, 137 m a valle e 188 m lateralmente per un tempo di sicurezza pari a 180 giorni.

I coni di alimentazione dei pozzi n. 8 e 34/35, invece, risultano parzialmente interferenti tra loro. La forma del cono di alimentazione del **pozzo n. 8**, avendo portata minore, è quello che maggiormente risente dell'interferenza reciproca; in condizioni di massima portata di esercizio, presenta forma ovale leggermente schiacciata sul lato ovest, orientata verso NE/SW ed estensione:

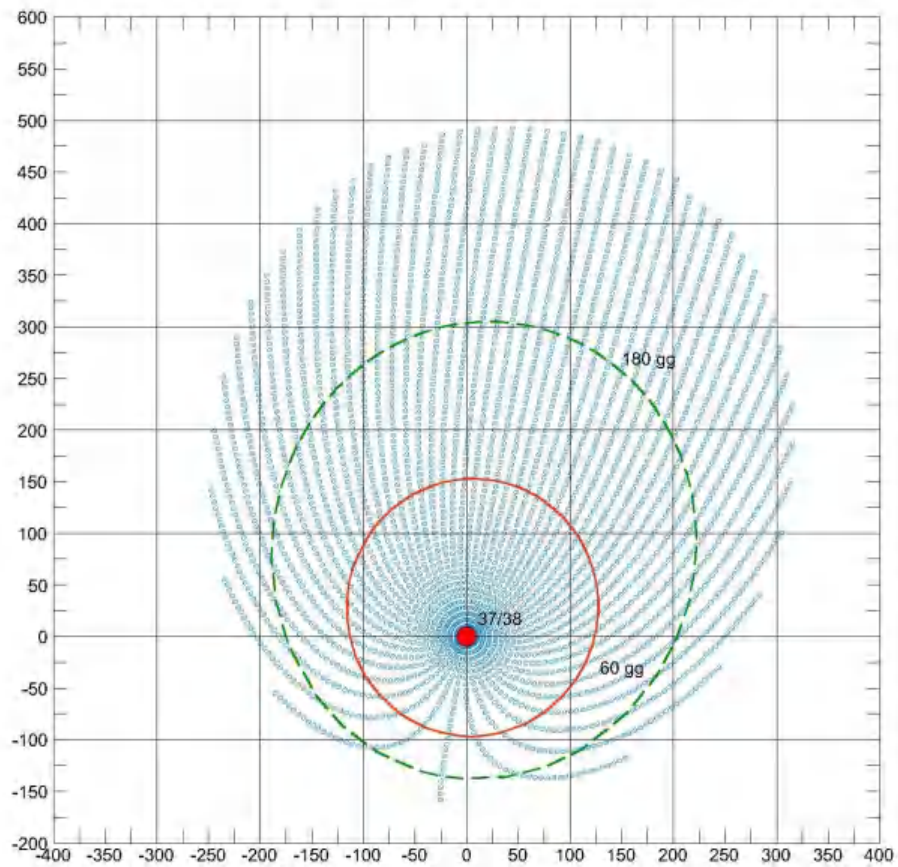
- 113 m a monte, 64 m a valle e circa 80 m lateralmente per un tempo di sicurezza pari a 60 giorni;
- 234 m a monte, 90 m a valle e circa 120 m lateralmente per un tempo di sicurezza pari a 180 giorni.

La forma del cono di alimentazione del **pozzo n. 34/35**, in condizioni di massima portata di esercizio, presenta forma leggermente ovale, orientata NS ed estensione:

- 136 m a monte, 90 m a valle e 106 m lateralmente per un tempo di sicurezza pari a 60 giorni;
- 271 m a monte, 134 m a valle e 170 m lateralmente per un tempo di sicurezza pari a 180 giorni.

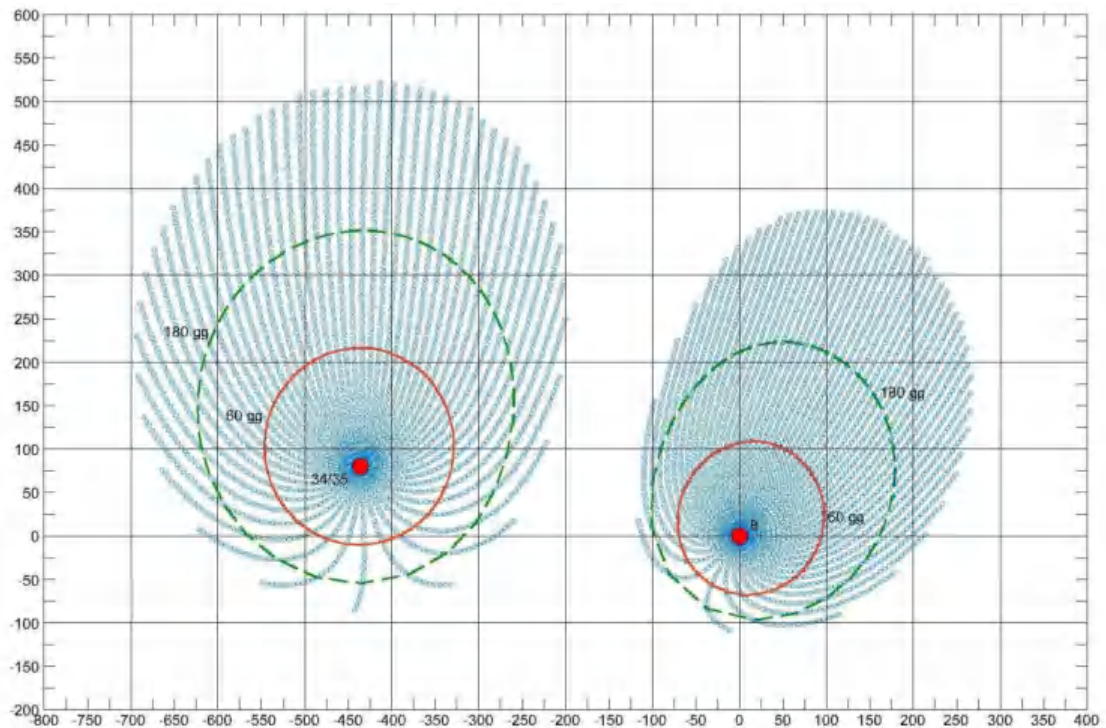
*POZZO N. 37/38 – VIALE DELLA REPUBBLICA*

Parametro	Unità di misura	Valore
Trammissività	mq/giorno	546 ( $6,322 \times 10^{-3}$ mq/s)
Gradiente idraulico	adimensionale	0,002 (2‰)
Direzione della falda	gradi sessagesimali	259
Porosità efficace	adimensionale	0,2
Spessore dell'acquifero	m	19
Permeabilità	m/giorno	29 ( $3,327 \times 10^{-4}$ m/s)
Massima portata di esercizio del pozzo	mc/giorno	3024 (35 l/s)



## POZZO N. 8 – VIALE MARTIRI DELLA LIBERTÀ E POZZO N. 34/35

Parametro	Unità di misura	Valore
Trammissività	m <sup>2</sup> /giorno	443 (5,123 x 10 <sup>-3</sup> m <sup>2</sup> /s)
Gradiente idraulico	adimensionale	0,002 (2‰)
Direzione della falda	gradi sessagesimali	260
Porosità efficace	adimensionale	0,2
Spessore dell'acquifero	m	20
Permeabilità	m/giorno	22 (2,56 x 10 <sup>-4</sup> m/s)
Massima portata di esercizio del pozzo	mc/giorno	P8: 1555 (18 l/s) P34/35: 2592 (30 l/s)



#### **5.4 PROPOSTA DI DELIMITAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA**

Alla luce delle trattazioni sopra riportate, secondo i criteri indicati dall' Art. 94 del **D.Lgs. 152/06**, si propone la seguente delimitazione delle aree di salvaguardia dei tre pozzi descritti nei precedenti paragrafi. L'individuazione delle stesse è riportata graficamente in **Tav. 2** e con dettaglio in **Tav. 8**.

##### **ZONA DI TUTELA ASSOLUTA (ZTA)**

Detta zona è attualmente già esistente. Per tutti i pozzi, l'area è recintata, adeguatamente pavimentata ed adibita esclusivamente alle opere asservite alle captazioni e non presenta condizioni ostative al deflusso delle acque meteoriche verso l'esterno dell'area stessa.

Non essendoci condizionamenti logistici di sorta, le aree adibite a Zona di Tutela assoluta sono state dimensionate conformemente a quanto stabilito dalla D.G.R. 6/15137/96.

##### **ZONA DI RISPETTO (ZR)**

Per quanto riguarda la delimitazione della Zona di Rispetto è intenzione effettuare una proposta ricorrendo al criterio temporale previsto dalla D.G.R. 6/15137/96. A tal scopo sono stati utilizzati i risultati delle elaborazioni idrogeologiche descritte nel paragrafo precedente.

Pertanto la delimitazione della ZR con criterio cronologico può coincidere con l'inviluppo dei punti isocroni circostanti il pozzo, corrispondenti ad un tempo di sicurezza di **60 giorni**, calcolati sulla base delle condizioni di emungimento alla massima portata di esercizio che è pari a:

- Pozzo n. 8 – Viale Martiri della libertà 18 l/s;
- Pozzo n. 34/35 – Via San Giorgio 30 l/s;
- Pozzo n. 37/38 – Viale della Repubblica 30 l/s.

Tale rappresentazione indica pertanto che un eventuale inquinante che contamina la falda in prossimità del limite della Zona di Rispetto così individuata, giunge al pozzo in un tempo di circa 60 giorni; intervallo di tempo considerato sufficiente alla degradazione di molti inquinamenti di tipo batteriologico.

Le zone di Rispetto così elaborate, sono state riportate in tavola considerando un'oscillazione nella direzione del flusso della falda idrica sotterranea di circa 10°, al fine di compensare le eventuali variazioni stagionali della direzione del flusso idrico sotterraneo.

Il quadro normativo da applicare all'interno di tali aree è riferibile al D.Lgs. 152/06 Art. 94, che definiscono le attività compatibili nelle aree di salvaguardia delle opere di captazione di acque destinate al consumo umano (vedi **Cap. 10**).

### ***ZONA DI PROTEZIONE (ZP)***

Le elaborazioni descritte hanno infine consentito di individuare le zone di protezione delle opere di captazione, che possono essere assunte come coincidenti alle isocrone corrispondenti ad un tempo di sicurezza pari a **180 giorni**.

Le aree così risultanti (non indicate in cartografia) andranno normate al fine di una salvaguardia a lungo termine delle opere di captazione in linea con quanto previsto dal D.Lgs. 152/06.

## 6. IDROGRAFIA

I caratteri generali della rete idrografica in Brianza sono controllati in parte dalla situazione ed evoluzione geologico strutturale dei primi rilievi prealpini e, in maggior misura, dall'assetto morfologico dei depositi quaternari glaciali e post-glaciali.

Le caratteristiche idrografiche generali presentano delle differenze evidenti tra il settore settentrionale (alta Brianza), compreso nelle aree collinari moreniche, e quello meridionale subpianeggiante (bassa Brianza).

Nel territorio dell'alta Brianza si ha una rete fitta con reticolo ben sviluppato di tipo dendritico, sui rilievi morenici, o subparallelo, in corrispondenza dei terrazzi antichi.

Nel settore della Bassa Brianza invece il reticolo è quasi del tutto assente, con precipitazioni che tendono ad infiltrarsi rapidamente in profondità in corrispondenza dei depositi fluvioglaciali più permeabili dei terrazzi intermedi e del livello fondamentale della pianura.

In tali aree sono presenti solo i corsi d'acqua principali (Fiume Lambro e Fiume Seveso) provenienti da nord ed alcune canalizzazioni artificiali, quali il Canale Villoresi (ricadente in comune di Muggiò) e il Canale di Bonifica Alto Lambro (ricadente in comune di Seregno e Desio, attualmente intubato).

Il territorio comunale di Lissone, inserito in quest'ultimo contesto, è privo di reticolo idrografico. Il Fiume Lambro, distante circa 3 km in direzione est, risulta essere il corso d'acqua più vicino ed assume un certo interesse di tipo idrogeologico, in quanto la presenza di livelli permeabili lungo il corso d'acqua permettono l'infiltrazione delle sue acque con conseguente ricarica della falda superficiale.

### 6.1 ATTESTAZIONE DI ASSENZA DEL RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE E MINORE NEL TERRITORIO COMUNALE

Con la D.G.R. 25 gennaio 2002 n. 7/7868 "*Determinazione del reticolo idrico principale e trasferimento delle funzioni di polizia idraulica concernenti il reticolo idrico minore come indicato dall'Art. 3 comma 114 della L.R. 1/2000*" e la successiva D.G.R. 1 agosto 2003 n. 7/13950, la Regione Lombardia disciplina le modalità di individuazione del **reticolo idrico principale** e, per differenza, del **reticolo idrico minore** e stabilisce il trasferimento ai comuni, alle comunità montane e ai consorzi di bonifica delle funzioni concernenti la manutenzione, la polizia idraulica e l'amministrazione dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo minore.

La normativa regionale, infine, delega alle amministrazioni locali l'individuazione delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua, nonché delle attività vietate o soggette ad autorizzazione.

L'analisi del territorio comunale di Lissone è stata effettuata consultando gli elenchi riportati nell'Allegato A – "*Individuazione del reticolo principale*" della D.G.R. 8/8127 del 01/10/2008 (aggiornamento dell'analogo allegato alla delibera del 2003) e seguendo i criteri indicati dalla D.G.R. n. 7/13950/03 per l'individuazione del reticolo

minore. Oltre a specifici rilevamenti diretti, sono state quindi esaminate e messe a confronto le seguenti cartografie ufficiali (**Tav. 5**):

- cartografie dell'Istituto Geografico Militare in scala 1:25.000 (IGM);
- carta tecnica della Regione Lombardia in scala 1:10.000 (C.T.R.);
- aerofotogrammetrico del territorio comunale in scala 1:5.000;
- mappe del catasto terreni in scala 1:2.000.

Da tale analisi, condotta seguendo i criteri delle suddette delibere, risulta che nel territorio di Lissone non sono presenti corsi d'acqua appartenenti al reticolo principale, né corsi ascrivibili, per proprie caratteristiche, al reticolo minore.

Pertanto, come chiaramente riportato in **Tav. 5**, si può attestare che **nel territorio comunale di Lissone non sono presenti corsi d'acqua né appartenenti al reticolo idrico principale, né appartenenti al reticolo idrico minore.**

## 7. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – TECNICO

La classificazione del territorio su base geologico – tecnica e geopedologica ha seguito le indicazioni della D.G.R. 8/7374/08 che raccomanda l'effettuazione di una prima caratterizzazione geotecnica sulla scorta dei dati disponibili e delle osservazioni dirette.

A tale scopo si sono considerati i dati derivanti dai punti stratigrafici di riferimento quali:

- sondaggi e prove geotecniche eseguite nell'ambito di altri studi;
- scavi aperti in corrispondenza di cantieri edili;
- stratigrafie relative ai primi 30 m di perforazione dei pozzi pubblici.

Inoltre sono stati esaminati indagini geognostiche e studi geologici precedenti disponibili presso gli Uffici Tecnici del Comune di Lissone.

Le aree oggetto di relazioni geologico - tecniche condotte con prove penetrometriche dinamiche continue (Scpt) includono il numero maggiore dei dati geognostici disponibili nell'ambito territoriale di Lissone. A tali aree di indagine corrispondono una numerazione identificativa ed un grafico, relativo alla prova Scpt che meglio descrive i valori medi di resistenza alla penetrazione dei terreni nell'area esaminata. Nella tabella seguente sono elencate tutte le indagini geognostiche analizzate:

<b>Codice identificativo</b>	<b>Ubicazione dell'area di indagine</b>	<b>Indagini geognostiche eseguite e relativa quantità</b>	<b>Profondità massima delle indagini [m]</b>	<b>Professionista o società incaricata</b>
Lis 1	via Pasolini ang via Verga	Scpt (11)	11,1	Geoplan
Lis 2	via Lombardia	Scpt (4)	9,0	Geoplan
Lis 3	via Sarpi	Scpt (4)	8,4	Geoplan
Lis 4	via Cantù	Scpt (4)	15,0	So.Ge.Tec.
Lis 5	via Como	Scpt (3)	11,7	Geoplan
Lis 6	via Matteotti	Scpt (3)	8,1	Geoplan
Lis 7	via Vecellio	Scpt (2)	7,6	R. Radaelli
Lis 8	via Paisello	Scpt (4)	8,1	
Lis 9	via S. Francesco	Scpt (4)	9,0	R. Cortiana
Lis 10	via Manin	Scpt (4)	11,1	R. Cortiana
Lis11	via Canonica	Scpt (4)	4,8	Georba
Lis 12 P1	via Porta	Scpt (4) Trincea espl. (3)	10,8 1,9	C. Leoni
Lis 13	svincolo ss 36	Scpt (2)	9,9	G. Barambati
Lis 14	via Cattaneo	Scpt (5)	12,6	Geoplan
Lis 15	via Cairoli	Scpt (3)	10,5	F. Nicolodi
Lis 16	via Luini	Scpt (2)	10,0	So.Geo
Lis 17	via Tripoli	Scpt (6)	6,6	R. Cortiana
Lis 18 S1/S2	piazza Libertà	Scpt (6) Carotaggi (5) Georadar	9,9 7,0	S.G.T. P. Verga
Lis 19 P2	via Asiago via Micca	Scpt (8) Trincea espl. (2)	15,9 3,2	F. Rossini



Sulla base dell'analisi dei dati disponibili e delle osservazioni dirette dei terreni, sono state distinte in **Tav. 4** tre aree con caratteristiche litologiche, pedologiche e morfologiche omogenee.

Per ciascuna area omogenea la parametrizzazione geotecnica di sottosuolo è stata condotta reinterpretando i risultati delle indagini disponibili, al fine di assicurare un più omogeneo trattamento dei dati di base.

I parametri geotecnici indicati nelle tabelle di sintesi sono stati ottenuti indirettamente, mediante correlazioni empiriche, a partire dai risultati delle prove penetrometriche dinamiche continue disponibili e dai risultati delle prove SPT in foro di sondaggio.

In particolare, per ciò che riguarda l'elaborazione dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche, è stato utilizzato un programma di calcolo che, in base alle correlazioni più comunemente accettate, permette di definire i principali parametri geotecnici, una volta noti i valori di resistenza alla penetrazione standard ( $N_{SPT}$ ) direttamente ricavata dalla resistenza alla penetrazione dinamica ( $N_{30}$ ) misurata nelle prove condotte secondo la correlazione:

$$N_{30} \approx 0.5 N_{SPT} \quad (\text{Cestari, 1990})$$

Sulla base di tali valori e dei valori di  $N_{SPT}$  direttamente misurati all'interno di perforazioni di sondaggio, sono quindi stati calcolati i corrispondenti valori corretti in funzione del confinamento laterale ( $N_1$ ), i valori di densità relativa e angolo di attrito dei terreni, i valori di velocità di propagazione delle onde di taglio ed il modulo di elasticità.

In particolare i valori di  $N_1$  sono stati ottenuti a partire dai valori di  $N_{SPT}$  sulla base della seguente equazione:

$$N_1 = N_{SPT} / \sigma'_{vo}{}^{0.56} \quad (\text{Jamiolkowski et al., 1985})$$

La densità relativa è stata calcolata a partire dai valori di  $N_1$  in accordo alle seguenti equazioni, ricavate dall'analisi di numerose evidenze sperimentali (Skempton, 1986):

$$Dr = [ (N_1)_{60} / (71.7 * (N_1)_{60} - 0.056) ]^{0.5} \quad \text{per } (N_1)_{60} > 8$$

$$Dr = [ (N_1)_{60} / (296.6 * (N_1)_{60} - 0.728) ]^{0.5} \quad \text{per } (N_1)_{60} \leq 8$$

dove  $(N_1)_{60} = N_1$  in base a considerazioni relative al rendimento medio dell'attrezzatura impiegata per le prove SPT, pari a circa il 60%.

L'angolo di attrito dei terreni investigati è stato determinato sulla base dei valori di densità relativa e della natura dei terreni attraversati, in accordo alla procedura US NAVY - NAV FAC DM7 - 1982.

Per la determinazione dei parametri di deformabilità dai valori di resistenza alla penetrazione standard  $N_{SPT}$  calcolati sono stati ricavati i valori di velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_S$  in m/s attraverso la correlazione di Yoshida et al. (1988):

$$V_S = 55 \cdot N_{SPT}^{0.25} \cdot \sigma'_{v0}{}^{0.14}$$

A partire dai valori di  $V_S$ , sono stati calcolati i valori di modulo di elasticità iniziale  $E_i$  dalle relazioni  $G_i = \gamma \cdot V_S^2$  (dove  $G_i$  rappresenta il modulo di taglio iniziale e  $\gamma$  il peso di volume del terreno) e  $E_i = G_i \cdot 2(1 + \mu)$ , dove  $\mu$  è il coefficiente di Poisson del terreno assunto pari a 0.35. Dai valori di  $E_i$  sono quindi stati ricavati, sulla base delle curve di decadimento del modulo di elasticità in funzione della deformazione, i moduli di elasticità operativi; in particolare il valore del modulo operativo è stato ricavato sulla base del rapporto  $E_i / E = 10$  per i valori di deformazione di riferimento. Si precisa che tale modulo corrisponde ad un modulo in condizioni drenate.

Di seguito si riporta il modello geotecnico ottenuto per ciascuna area omogenea in cui i valori riportati rappresentano rispettivamente il valore caratteristico (5° percentile) e la media della distribuzione statistica ottenuta, ad eccezione delle velocità di propagazione delle onde di taglio espresse da distribuzioni attorno alla media.

#### **ZONA GEOLOGICO TECNICA – A**

##### Litologia prevalente:

Sabbie con ghiaie poligeniche ed eterometriche in matrice limoso – sabbiosa; clasti subarrotondati da mediamente a molto alterati in superficie.

##### Caratteri geomorfologici:

Ambito altimetricamente rilevato caratterizzato da morfologia subpianeggiante con debole vergenza verso sud.

##### Caratteristiche geotecniche generali:

Terreni granulari mediamente alterati con stato di addensamento da sciolto a medio in superficie fino ad addensato in profondità; locale presenza di orizzonti molto sciolti e cavità che si riscontrano nei primi 15 m circa di profondità.

##### Spessore suoli:

Suoli da moderatamente profondi a profondi (150 – 200 cm).

##### Drenaggio delle acque:

Permeabilità media; drenaggio delle acque mediocre in superficie e discreto in profondità.

Caratterizzazione geologico – tecnica di sottosuolo:**UNITÀ LITOTECNICA A: sabbie e sabbie limose con ghiaia**

Resistenza alla penetrazione standard media	$N_{SPT}$	=	4÷12	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n$	=	18	kN/m <sup>3</sup>
Stato di addensamento		=	mediamente addensato	
Densità relativa	$D_r$	=	0.35÷0.55	
Angolo d'attrito efficace	$\varphi'$	=	30÷33	° (gradi)
Coesione efficace	$c'$	=	0	kPa
Velocità di propagazione delle onde di taglio	$V_S$	=	125÷210	m/s
Modulo di elasticità drenato	$E'$	=	5÷15	MPa
Spessore (medio)		=	2÷4	m

**UNITÀ LITOTECNICA B: sabbie e ghiaie debolmente limose**

Resistenza alla penetrazione standard media	$N_{SPT}$	=	4÷8	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n$	=	18	kN/m <sup>3</sup>
Stato di addensamento		=	sciolto	
Densità relativa	$D_r$	=	0.20÷0.30	
Angolo d'attrito efficace	$\varphi'$	=	28÷30	° (gradi)
Coesione efficace	$c'$	=	0	kPa
Velocità di propagazione delle onde di taglio	$V_S$	=	140÷205	m/s
Modulo di elasticità drenato	$E'$	=	8÷15	MPa
Spessore (medio)		=	1÷2	m

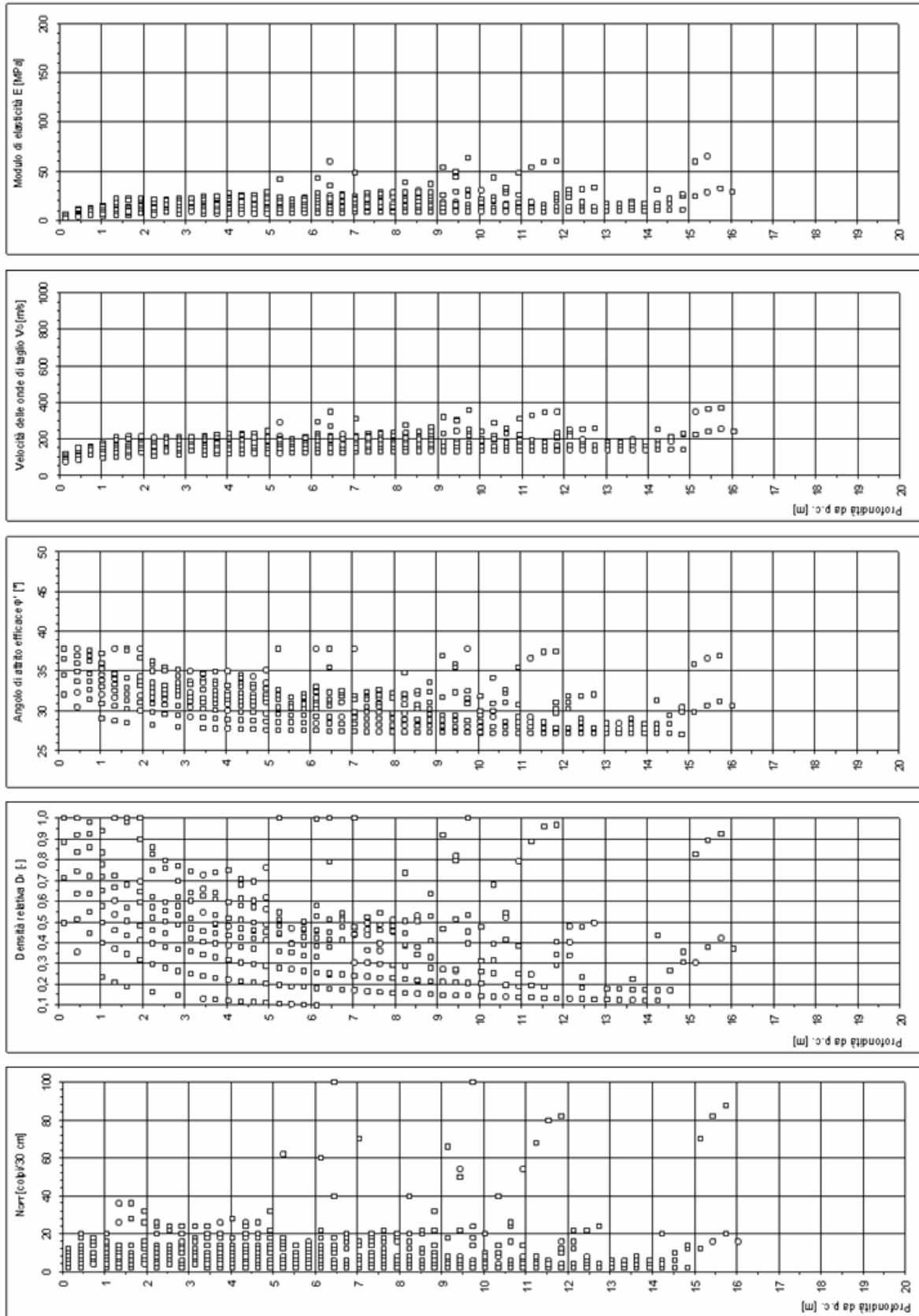
**UNITÀ LITOTECNICA C: sabbie e ghiaie limose (con locale sviluppo di cavità)**

Resistenza alla penetrazione standard media	$N_{SPT}$	=	2÷3	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n$	=	17	kN/m <sup>3</sup>
Stato di addensamento		=	molto sciolto	
Densità relativa	$D_r$	=	0.05÷0.15	
Angolo d'attrito efficace	$\varphi'$	=	27÷28	° (gradi)
Coesione efficace	$c'$	=	0	kPa
Velocità di propagazione delle onde di taglio	$V_S$	=	125÷165	m/s
Modulo di elasticità drenato	$E'$	=	7÷10	MPa
Spessore (medio)		=	5÷10	m

**UNITÀ LITOTECNICA D: sabbie e ghiaie localmente cementate**

Resistenza alla penetrazione standard media	$N_{SPT}$	=	15÷50	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n$	=	19	kN/m <sup>3</sup>
Stato di addensamento		=	da mediamente addensato ad addensato	
Densità relativa	$D_r$	=	0.35÷0.75	
Angolo d'attrito efficace	$\varphi'$	=	32÷35	° (gradi)
Coesione efficace	$c'$	=	0	kPa
Velocità di propagazione delle onde di taglio	$V_S$	=	240÷340	m/s
Modulo di elasticità drenato	$E'$	=	22÷45	MPa

L'andamento dei principali parametri geotecnici è mostrato di seguito in una serie di grafici in funzione della profondità.



**ZONA GEOLOGICO TECNICA - B**Litologia prevalente:

Sabbie con ghiaia a supporto clastico in matrice sabbiosa – limosa passanti in profondità a ghiaie in matrice sabbiosa e limo subordinato; i clasti sono prevalentemente calcarei, eterometrici e con grado di alterazione basso; locale presenza di livelli cementati.

Caratteri geomorfologici:

Ambito costituente il livello fondamentale della pianura caratterizzato da morfologia pianeggiante.

Caratteristiche geotecniche generali:

Terreni granulari poco alterati con stato di addensamento da sciolto a medio in superficie fino ad addensato in profondità con localizzati livelli cementati più frequenti negli intervalli di profondità compresi tra 3 e 6 m e oltre gli 11 m.

Spessore suoli:

Suoli da sottili a moderatamente profondi (50 – 100 cm).

Drenaggio delle acque:

Permeabilità alta; drenaggio delle acque buono sia in superficie, sia in profondità.

Caratterizzazione geologico-tecnica di sottosuolo:**UNITÀ LITOTECNICA A: sabbie e sabbie limose con ghiaia**

Resistenza alla penetrazione standard media	$N_{SPT}$	=	2÷7	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n$	=	18	kN/m <sup>3</sup>
Stato di addensamento		=	da sciolto a mediamente addensato	
Densità relativa	$D_r$	=	0.25÷0.50	
Angolo d'attrito efficace	$\varphi'$	=	29÷32	° (gradi)
Coesione efficace	$c'$	=	0	kPa
Velocità di propagazione delle onde di taglio	$V_s$	=	110÷165	m/s
Modulo di elasticità drenato	$E'$	=	4÷10	MPa
Spessore (medio)		=	1÷3	m

**UNITÀ LITOTECNICA B: sabbie e ghiaie localmente cementate**

Resistenza alla penetrazione standard media	$N_{SPT}$	=	14÷38	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n$	=	19	kN/m <sup>3</sup>
Stato di addensamento		=	da mediamente addensato ad addensato	
Densità relativa	$D_r$	=	0.50÷0.80	
Angolo d'attrito efficace	$\varphi'$	=	32÷35	° (gradi)
Coesione efficace	$c'$	=	0	kPa
Velocità di propagazione delle onde di taglio	$V_S$	=	200÷290	m/s
Modulo di elasticità drenato	$E'$	=	17÷32	MPa
Spessore (medio)		=	2÷5	m

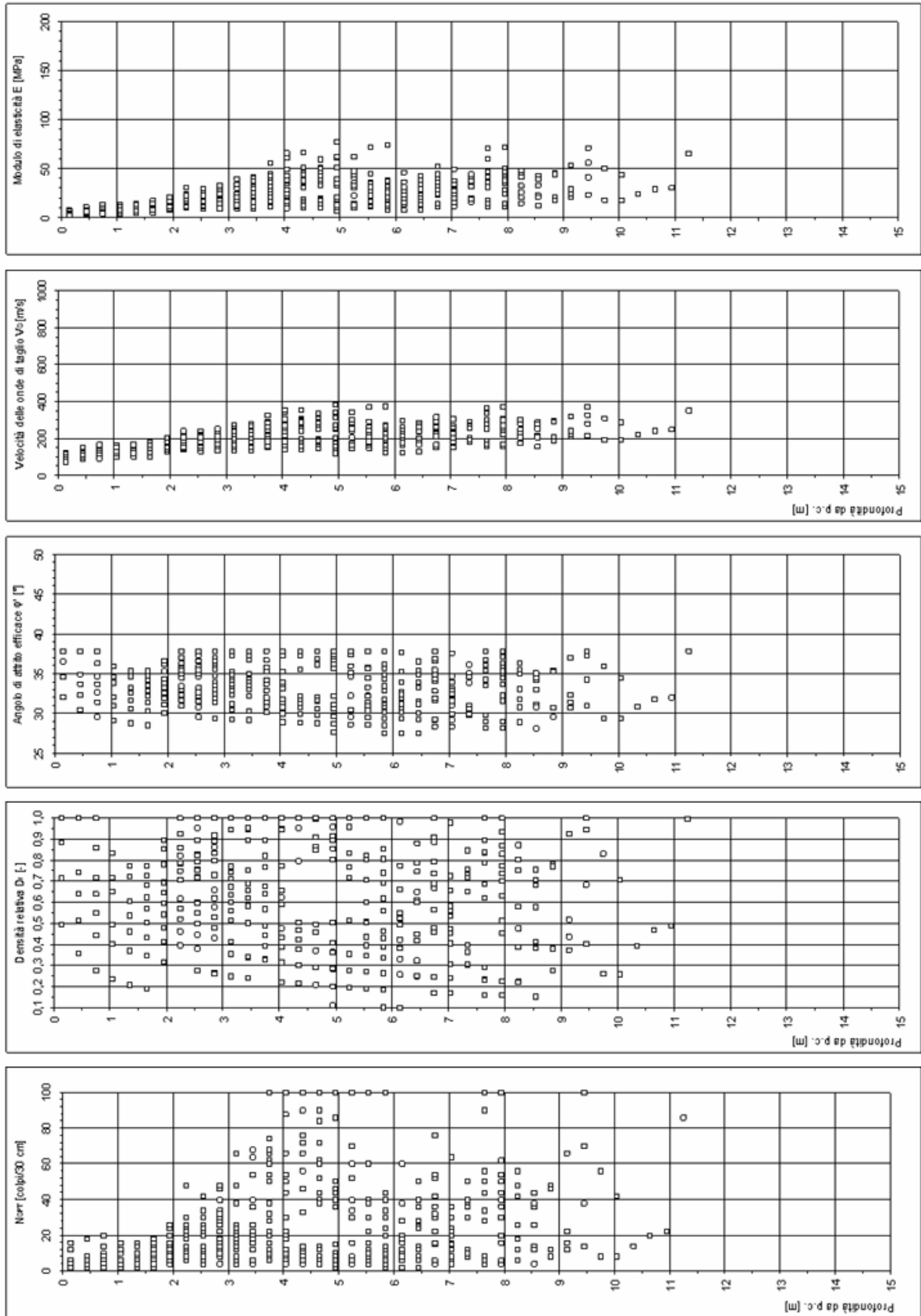
**UNITÀ LITOTECNICA C: sabbie e ghiaie debolmente limose**

Resistenza alla penetrazione standard media	$N_{SPT}$	=	4÷9	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n$	=	18	kN/m <sup>3</sup>
Stato di addensamento		=	sciolto	
Densità relativa	$D_r$	=	0.15÷0.35	
Angolo d'attrito efficace	$\varphi'$	=	28÷30	° (gradi)
Coesione efficace	$c'$	=	0	kPa
Velocità di propagazione delle onde di taglio	$V_S$	=	150÷205	m/s
Modulo di elasticità drenato	$E'$	=	10÷15	MPa
Spessore (medio)		=	2÷4	m

**UNITÀ LITOTECNICA D: sabbie e ghiaie localmente cementate**

Resistenza alla penetrazione standard media	$N_{SPT}$	=	25÷50	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n$	=	19	kN/m <sup>3</sup>
Stato di addensamento		=	da mediamente addensato ad addensato	
Densità relativa	$D_r$	=	0.55÷0.80	
Angolo d'attrito efficace	$\varphi'$	=	33÷36	° (gradi)
Coesione efficace	$c'$	=	0	kPa
Velocità di propagazione delle onde di taglio	$V_S$	=	250÷330	m/s
Modulo di elasticità drenato	$E'$	=	30÷45	MPa

L'andamento dei principali parametri geotecnici è mostrato di seguito in una serie di grafici in funzione della profondità.





**ZONA GEOLOGICO TECNICA - A\_B**

Si tratta di una fascia di raccordo tra le due zone già descritte che presenta caratteri di superficie analoghi a quelli della zona B mostrando tuttavia parametri geotecnici di sottosuolo più simili a quelli della zona A.

Caratterizzazione geologico-tecnica di sottosuolo:**UNITÀ LITOTECNICA A: sabbie e sabbie limose con ghiaia**

Resistenza alla penetrazione standard media	$N_{SPT}$	=	2÷9	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n$	=	18	kN/m <sup>3</sup>
Stato di addensamento		=	da sciolto a mediamente addensato	
Densità relativa	$D_r$	=	0.30÷0.65	
Angolo d'attrito efficace	$\varphi'$	=	30÷33	° (gradi)
Coesione efficace	$c'$	=	0	kPa
Velocità di propagazione delle onde di taglio	$V_s$	=	115÷160	m/s
Modulo di elasticità drenato	$E'$	=	5÷10	MPa
Spessore (medio)		=	1÷2	m

**UNITÀ LITOTECNICA B: sabbie e ghiaie localmente cementate**

Resistenza alla penetrazione standard media	$N_{SPT}$	=	10÷20	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n$	=	19	kN/m <sup>3</sup>
Stato di addensamento		=	da mediamente addensato ad addensato	
Densità relativa	$D_r$	=	0.45÷0.70	
Angolo d'attrito efficace	$\varphi'$	=	32÷34	° (gradi)
Coesione efficace	$c'$	=	0	kPa
Velocità di propagazione delle onde di taglio	$V_s$	=	175÷220	m/s
Modulo di elasticità drenato	$E'$	=	13÷20	MPa
Spessore (medio)		=	1÷3	m

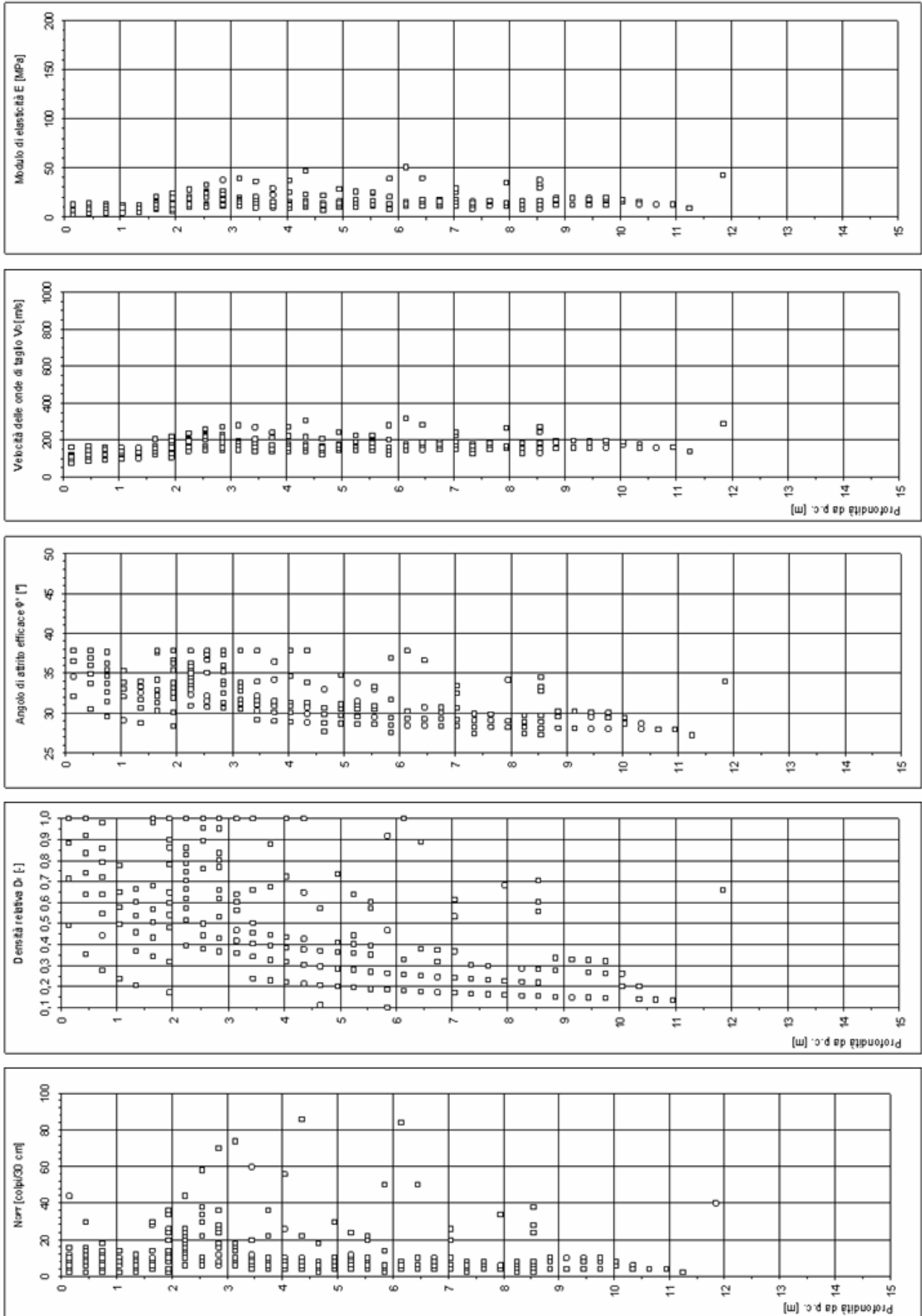
**UNITÀ LITOTECNICA C: sabbie e ghiaie debolmente limose**

Resistenza alla penetrazione standard media	$N_{SPT}$	=	4÷6	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n$	=	18	kN/m <sup>3</sup>
Stato di addensamento		=	sciolto	
Densità relativa	$D_r$	=	0.15÷0.25	
Angolo d'attrito efficace	$\varphi'$	=	28÷29 ° (gradi)	
Coesione efficace	$c'$	=	0 kPa	
Velocità di propagazione delle onde di taglio	$V_S$	=	145÷180 m/s	
Modulo di elasticità drenato	$E'$	=	10÷13 MPa	
Spessore (medio)		=	2÷6 m	

**UNITÀ LITOTECNICA D: sabbie e ghiaie localmente cementate**

Resistenza alla penetrazione standard media	$N_{SPT}$	=	25÷50	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n$	=	19	kN/m <sup>3</sup>
Stato di addensamento		=	da mediamente addensato ad addensato	
Densità relativa	$D_r$	=	0.60÷0.85	
Angolo d'attrito efficace	$\varphi'$	=	33÷36 ° (gradi)	
Coesione efficace	$c'$	=	0 kPa	
Velocità di propagazione delle onde di taglio	$V_S$	=	240÷300 m/s	
Modulo di elasticità drenato	$E'$	=	25÷35 MPa	

L'andamento dei principali parametri geotecnici è mostrato di seguito in una serie di grafici in funzione della profondità.



### **7.1 ULTERIORI ELEMENTI DI CARATTERE GEOLOGICO - TECNICO**

La caratterizzazione geologico – tecnica del territorio comunale illustrata in **Tav. 4** è stata integrata aggiungendo i seguenti elementi di interesse ai fini della pianificazione territoriale:

- punti di riferimento stratigrafico, quali trincee, sondaggi geognostici e pozzi per acqua;
- aree oggetto di indagini geognostiche con prove penetrometriche statiche (Scpt);
- limite delle aree di cava (attiva o cessata), perimetrata in base al Catasto Regionale Cave e al rilievo fotogrammetrico comunale;
- dorsali principali della rete acquedottistica, serbatoi di accumulo e vasche di rilancio delle acque potabili;
- dorsali principali della rete fognaria e del collettore consortile ALSI acque miste con indicazione dei punti di recapito della rete fognaria al collettore;
- rete viaria principale (S.S. 36) e rete ferroviaria.

## 8. IL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AL GAS RADON

### 8.1 *La mappatura del territorio lombardo*

Il *radon* è un gas nobile naturalmente radioattivo, che si genera dal decadimento del *radio*, generato a sua volta dal decadimento dell'*uranio*. Il motivo che determina la necessità di mapparne la concentrazione risiede nel fatto che il radon è un gas molto pesante e viene considerato estremamente pericoloso per la salute umana se inalato ed è ritenuto una delle possibili cause di serie patologie polmonari.

La principale fonte di questo gas risulta essere il terreno, dal quale fuoriesce e si disperde nell'ambiente, accumulandosi in locali chiusi ove può diventare pericoloso. Le aree più a rischio sono quelle che presentano formazioni geologiche originatesi da fenomeni di vulcanesimo (lave, pozzolane, tufi, granito e porfido) ma, in ogni caso, si possono ritrovare alte concentrazioni di radon anche in rocce sedimentarie, come i marmi, le marne e i flysh. La risalita in superficie del radon è anche associabile alla presenza di discontinuità tettoniche quali faglie e fratture profonde della crosta terrestre.

Altre fonti possono essere, in misura minore, i materiali di costruzione, specialmente se di origine vulcanica, come il tufo o i graniti.

Uno dei principali fattori di rischio del radon è legato al fatto che tende ad accumularsi all'interno di abitazioni. Il gas migra dal suolo (o dai materiali da costruzione) e penetra all'interno degli edifici attraverso le fessure (anche microscopiche), gli attacchi delle pareti al pavimento, i passaggi dei vari impianti (elettrico, termico, idraulico). Di conseguenza, i livelli di radon sono generalmente maggiori nelle cantine, nei vani seminterrati e nei piani più bassi delle abitazioni.

L'ARPA della Regione Lombardia ha condotto, tra il 2003 e il 2004, una campagna di misura del gas radon in tutto il proprio territorio, al fine di individuare le aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni (*radon prone areas*), come previsto dal D.Lgs 241/00, art. 10-ter, comma 2.

Il piano per la mappatura, condotto da ARPA in collaborazione con le ASL locali, ha visto il territorio regionale suddiviso secondo una griglia a maglie rettangolari, di dimensioni variabili a seconda delle caratteristiche geologiche e morfologiche del suolo, con un infittimento nella zona alpina e prealpina, dove ci si attende concentrazioni di radon più elevate e spazialmente eterogenee.

In ciascuna maglia sono stati individuati da 5 a 10 punti di misura, per un totale di 3600 punti, in 541 Comuni lombardi (1/3 del totale).

Le misure hanno avuto durata annuale e sono state effettuate attraverso l'impiego di dosimetri passivi, posizionati per 2 semestri consecutivi a partire dall'ottobre 2003.

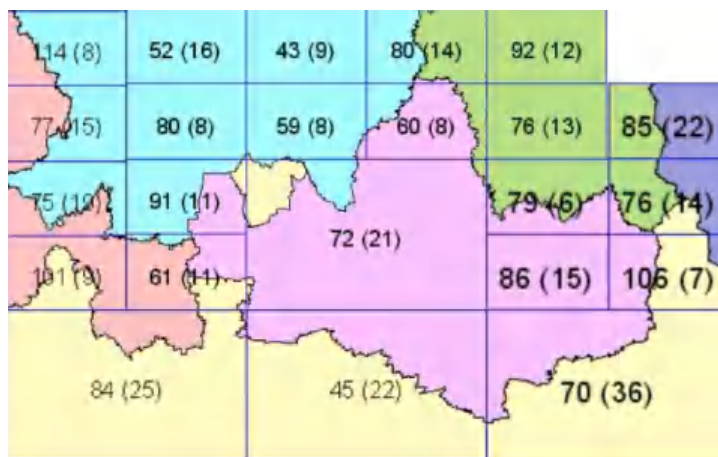
## 8.2 Riferimenti normativi

Nel quadro normativo nazionale relativo alla problematica del radon indoor viene prevista la tutela dei lavoratori negli ambienti lavorativi, mentre non viene regolamentata l'esposizione della popolazione nelle abitazioni private. La norma cui si fa riferimento per l'esposizione al radon negli ambienti di lavoro è il D.Lgs 240/00, art. 10, che fissa come livello di riferimento una concentrazione pari a 500 Bq/m<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda invece la regolamentazione dell'esposizione al radon nelle abitazioni private, il più solido riferimento è rappresentato dalla raccomandazione dell'Unione Europea 90/143/EURATOM, che fornisce indicazioni precise circa il valore oltre cui intraprendere azioni di risanamento per le abitazioni esistenti (400 Bq/m<sup>3</sup>) e l'obiettivo di qualità (200 Bq/m<sup>3</sup>) per le nuove edificazioni. Tale raccomandazione prevede che, oltre all'indicazione delle misure da adottare per le nuove costruzioni, qualora il limite di riferimento per gli edifici esistenti (400 Bq/m<sup>3</sup>) sia superato, debbano essere adottati provvedimenti correttivi proporzionali all'entità di superamento del limite.

## 8.3 Risultati preliminari dello studio ARPA

La figura seguente mostra per la Provincia di Monza e Brianza la media geometrica dei valori di concentrazione di radon misurati nei punti di campionamenti all'interno della singola maglia, espressa in Bq/m<sup>3</sup> (Bequerel per unità di volume), mentre tra parentesi è indicato il numero di misure effettuate all'interno della maglia.



Dalle misure effettuate sono state ricavate valutazioni geostatistiche sulle concentrazioni medie annuali attese nelle unità immobiliari site al piano terra dei vari comuni della provincia.

I risultati relativi al Comune di Lissone sono i seguenti:

Comune	% delle unità immobiliari esistenti site al pian terreno, che potrebbero superare un valore di concentrazione media annuale di 200 Bq/m <sup>3</sup>	% delle unità immobiliari esistenti site al pian terreno, che potrebbero superare un valore di concentrazione media annuale di 400 Bq/m <sup>3</sup>
Lissone	8%	0,8%

L'ARPA sottolinea tuttavia che le stime sopra riportate sono da ritenersi indicative in quanto la concentrazione di radon indoor dipende molto anche dalle caratteristiche costruttive di ogni singolo edificio (materiali utilizzati, modalità di aerazione e ventilazione, ecc.) oltre che dalla zona geografica e quindi dalle caratteristiche geologiche locali.

Il valore limite per le nuove edificazioni, pari a 200 Bq/m<sup>3</sup>, è oltrepassato per il 8% delle unità immobiliari. Tale risultato è pertanto indicativo della necessità di adottare provvedimenti obbligatori in campo edilizio al fine di ridurre il rischio radon indoor nelle nuove costruzioni.

Poiché invece il livello di concentrazione di riferimento, pari a 400 Bq/m<sup>3</sup>, nel Comune di Lissone, è superato solo nel 0,8% delle unità immobiliari, se ne deduce che non risulta necessario adottare provvedimenti urgenti volti alla riduzione della concentrazione di radon per le abitazioni esistenti.

Nelle Norme Geologiche di Piano (**Par. 12.6**) sono riportate a titolo orientativo le raccomandazioni che ARPA propone per le nuove edificazioni allo scopo di minimizzare l'esposizione della popolazione al radon indoor.

## 9. ANALISI DELLA SISMICITA' DEL TERRITORIO

### 9.1 ASPETTI NORMATIVI E METODOLOGICI

Con la pubblicazione sul B.U.R.L. del 12 giugno 2008, 2° supplemento straordinario, della D.G.R. 28 maggio 2008 n. 8/7374, la Regione Lombardia ha aggiornato le linee guida e le procedure operative per la valutazione degli effetti sismici di sito a cui uniformarsi nella definizione del rischio sismico locale, già definiti nella precedente D.G.R. 8/1566/05.

Nel caso specifico, nell'ambito dei tre livelli di approfondimento previsti dalla suddetta normativa e tenuto conto:

- della classificazione del territorio comunale di Lissone in Zona Sismica 4 ai sensi della OPCM 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*" e s.m.i.;
- della D.G.R. 7 novembre 2003 n. 7/14964 *Disposizioni preliminari per l'attuazione della OPCM n. 3274 del 20/03/2003*;
- del D.M. 14 gennaio 2008 *Norme tecniche per le costruzioni*,

l'analisi del rischio sismico è stata condotta adottando la **procedura di I livello** che, a partire dalle informazioni territoriali di base disponibili, consente di individuare le zone caratterizzate da specifici scenari di pericolosità sismica locale (PSL).

La procedura di I livello (obbligatoria per tutti i comuni lombardi) rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione, per la caratterizzazione semi-quantitativa (II livello) o quantitativa (III livello) degli effetti di amplificazione sismica attesi.

Per i comuni ricadenti in Zona sismica 4 come Lissone, l'applicazione dei livelli di approfondimento sono così regolati (D.G.R. 8/7374/08):

- *livello II*: si applica in fase pianificatoria solo per edifici strategici e rilevanti<sup>1</sup> di nuova previsione (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03) nelle zone di pericolosità sismica locale suscettibili di amplificazioni topografiche e/o litologiche (PSL Z3 e Z4);
- *livello III*: si applica in fase progettuale nelle aree indagate con il livello II quando il fattore d'amplificazione calcolato supera il fattore soglia comunale e nelle zone di pericolosità sismica locale suscettibili di effetti di instabilità o cedimenti e/o liquefazioni (PSL Z1 e Z2) solo per edifici strategici e rilevanti.

---

<sup>1</sup> 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 le costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.



Per l'individuazione degli scenari di pericolosità sismica locale si è fatto riferimento alla *Tabella 1* di cui all'Allegato 5 alla D.G.R. n. 8/7374/08, riportata di seguito.

<b>SIGLA</b>	<b>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b>	<b>EFFETTI</b>
<b>Z1a</b>	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
<b>Z1b</b>	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
<b>Z1c</b>	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
<b>Z2</b>	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, etc.) Zone con depositi granulari fini saturi	Cedimenti e/o liquefazioni
<b>Z3a</b>	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, etc.)	Amplificazioni topografiche
<b>Z3b</b>	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
<b>Z4a</b>	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
<b>Z4b</b>	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
<b>Z4c</b>	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
<b>Z4d</b>	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
<b>Z5</b>	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Ai fini dell'individuazione dei possibili scenari di pericolosità sismica locale elencati in tabella, si sono analizzati criticamente i dati geologici e geotecnici acquisiti nell'ambito del presente studio e descritti nei capitoli precedenti.

## **9.2 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL TERRITORIO COMUNALE**

Il D.M. 14/01/2008, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto per gli interventi edificatori prevede una classificazione del suolo di fondazione, ovvero del terreno compreso tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed un substrato rigido di riferimento (bedrock sismico), nelle seguenti categorie:

- A. *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
- B. *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $N_{SPT30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).
- C. *Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, 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  $70 < c_{u30} < 250$  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 m, 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  $c_{u30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).
- E. *Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m*, posti sul substrato di riferimento (con  $V_s > 800$  m/s).

Tale classificazione si basa sulla specifica caratterizzazione del suolo di fondazione secondo la stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio  $V_s$ , ovvero del numero di colpi  $N_{SPT}$  ottenuti mediante prova penetrometrica dinamica e, nel caso di terreni coesivi, della coesione non drenata  $C_u$ .

Inoltre risulta determinante la valutazione della profondità del bedrock sismico inteso come il livello in cui le velocità di propagazione delle onde di taglio raggiungono valori pari o superiori a 800 m/s.

Tenuto conto della classificazione sopra citata, in **Tav. 6** è stata pertanto descritta la classificazione sismica di base estesa all'intero territorio comunale di Lissone, suddividendo con apposito segno grafico tre aree omogenee con peculiari caratteristiche litologico stratigrafiche.

L'analisi è stata condotta sulla base delle conoscenze geologiche e geomorfologiche del territorio, dei valori di resistenza delle prove penetrometriche dinamiche disponibili (**Cap. 7**).

Allo scopo di determinare gli effetti dei terreni ricoprenti il bedrock sismico sulla azione sismica e di definire conseguentemente il valore di accelerazione massima al suolo e lo spettro di risposta elastica, si è proceduto ad una analisi della distribuzione dei valori di velocità di propagazione delle onde di taglio in funzione della profondità finalizzata alla individuazione di leggi di variazione valide per il sito in esame. L'analisi condotta sulla base dei valori di  $V_s$  ricavati dai valori di resistenza penetrometrica standard  $N_{SPT}$  disponibili, secondo la procedura descritta al **Cap. 7** della presente relazione, ha consentito di definire per ogni ambito omogeneo riconosciuto le seguenti leggi di variazione in funzione della profondità  $Z$ , valide nell'ambito delle profondità investigate:

#### **ZONA GEOLOGICO TECNICA A:**

$$V_s = 139.6 + 17.9 \ln Z \quad \text{per } Z < 15 \text{ m}$$

$$V_s = 239.9 + 4.9 Z \quad \text{per } Z \geq 15 \text{ m}$$

**ZONA GEOLOGICO TECNICA B:**

$V_S = 130.9 + 23.6 \ln Z$	per $Z < 3$ m
$V_S = 185.2 + 12.5 Z$	per $3 \text{ m} \leq Z < 6$ m
$V_S = 130.8 + 8.6 Z$	per $6 \text{ m} \leq Z < 11$ m
$V_S = 192.9 + 12.4 Z$	per $Z \geq 11$ m

**ZONA GEOLOGICO TECNICA A-B:**

$V_S = 139.6 + 15.7 \ln Z$	per $Z < 2$ m
$V_S = 176.5 + 7.4 Z$	per $2 \text{ m} \leq Z < 4$ m
$V_S = 151.1 + 2.6 Z$	per $4 \text{ m} \leq Z < 12$ m
$V_S = 256.6 + 2.3 Z$	per $Z \geq 12$ m

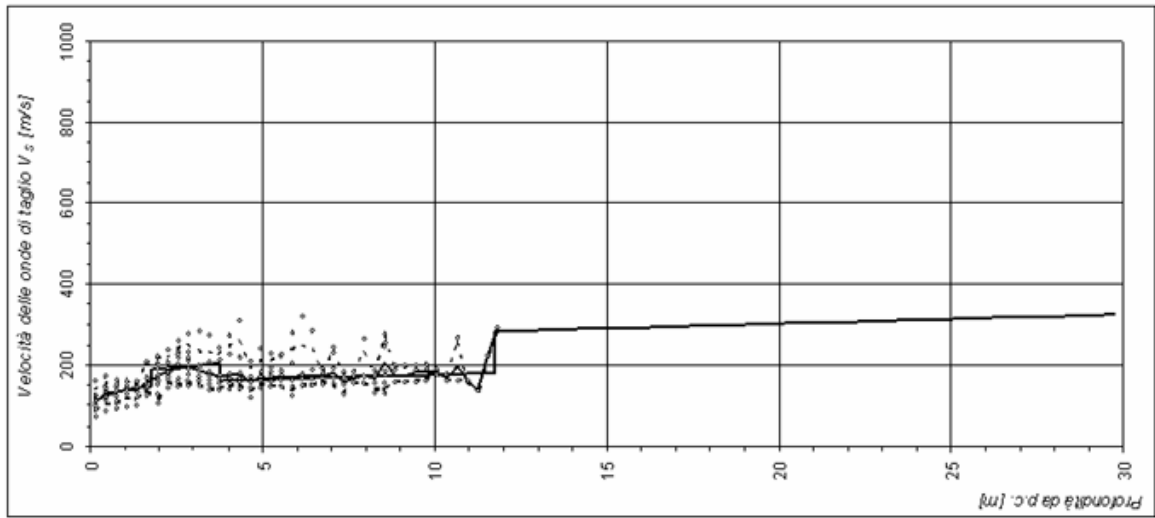
Le leggi di variazione ottenute sono mostrate di seguito con linee intere in una serie di grafici in funzione della profondità  $Z$ , unitamente ai valori puntuali di  $V_S$  calcolati e ai valori caratteristici inferiore (5 percentile) e superiore (95 percentile) ottenuti dall'analisi statistica dei dati numerici rappresentati con linee tratteggiate.

Si precisa che su tali grafici le leggi evidenziate, in assenza di dati sperimentali, sono state estese in profondità. Tuttavia, le stratigrafie dei pozzi per acqua presenti sul territorio indicando la presenza di uno strato conglomeratico (caratterizzato da velocità medie di propagazione delle onde di taglio dell'ordine di 850 – 1000 m/s, quindi definibile come bedrock sismico) posto a profondità variabili tra 20 e 30 m da p.c., non paragonabile ai terreni ghiaioso – sabbiosi sovrastanti.

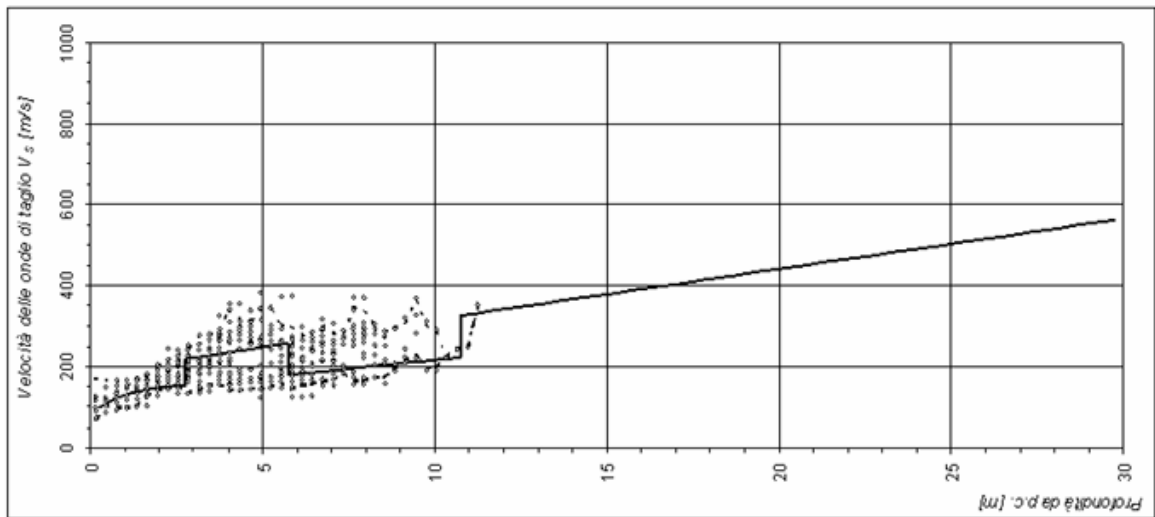
Tale analisi non è quindi del tutto sufficiente a determinare il valore delle velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di terreno.

Pertanto, al fine di definire con maggior precisione il valore medio delle  $V_{s30}$  nelle aree di maggior interesse urbanistico, sono state effettuate quattro misurazioni in sito mediante analisi multicanale delle onde superficiali (Masw) per il calcolo delle  $V_{s30}$  e relativa classificazione del suolo di fondazione secondo quanto riportato nel D.M. 14/01/2008. I risultati di tali analisi sono riportati nel **Par. 9.2.1**.

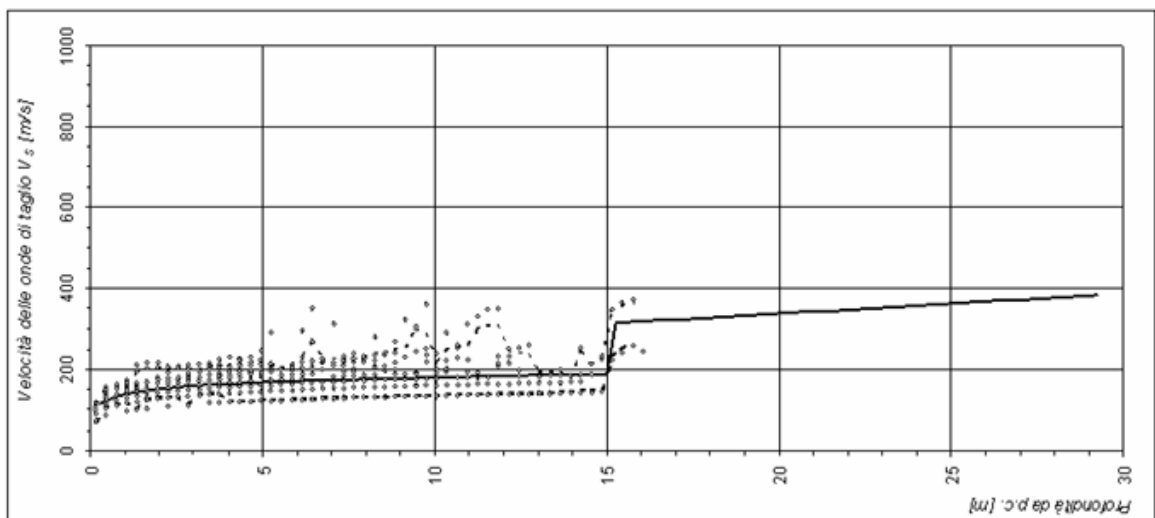
ZONA A-B



ZONA B



ZONA A



Le aree omogenee così individuate sono descritte di seguito, ciascuna con un'indicazione media della categoria di suolo di fondazione:

- (A) Depositi fluvioglaciali costituiti da sabbie con ghiaie poligeniche ed eterometriche in matrice limoso – sabbiosa – *suolo di tipo B ed E*;
- (B) Depositi fluvioglaciali costituiti da sabbie con ghiaia a supporto clastico in matrice sabbioso – limosa passanti in profondità a ghiaie in matrice sabbiosa e limo subordinato. – *suolo di tipo B, C ed E*;
- (A-B) Fascia di transizione tra la zona A e B che presenta caratteri di superficie analoghi a quelli della zona B mostrando tuttavia parametri geotecnici di sottosuolo più simili a quelli della zona A – *suolo di tipo B ed E*;

### **9.2.1 Analisi multicanale delle onde superficiali (Masw)**

Come sopra specificato, a titolo di approfondimento rispetto all'analisi di 1° livello, è stata effettuata un'indagine geofisica mediante esecuzione di quattro prove MASW (*Multichannel Analysis Surface Waves*) per la valutazione della stratigrafia di velocità delle onde trasversali Vs, da cui ricavare il parametro Vs30. Il parametro Vs30, che rappresenta la velocità delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno, è necessario per la classificazione dei terreni indagati in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

All'interno del territorio del Comune di Lissone, si sono realizzate quattro prove MASW:

1. in prossimità del campo sportivo di Via Beltrame;
2. tra Via Piermarini e Via Canonica;
3. in Via delle Industrie;
4. in Via Perosi.

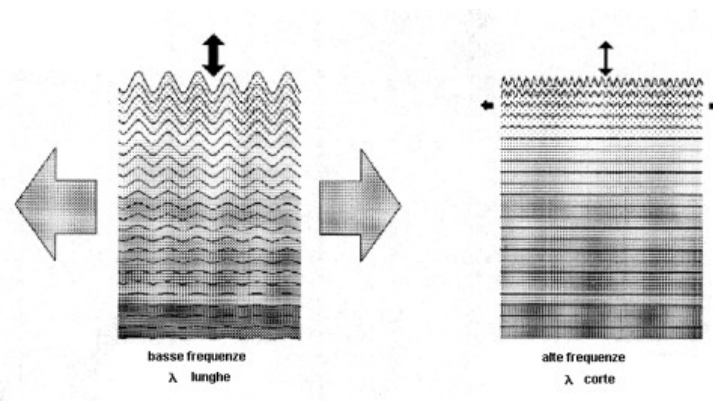
L'ubicazione degli stendimenti è riportata in **Tav. 6**.

#### 9.2.1.1 Descrizione del metodo, strumentazione e criteri di acquisizione

La determinazione delle Vs30 risulta fondamentale per la definizione dei suoli, secondo l'inquadramento della nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica.

Per tale valutazione, oltre alla sismica in foro (downhole e crosshole) ed alla sismica di superficie (rifrazione e riflessione ad onde S), metodi alternativi di modellazione del sottosuolo basati sull'analisi delle onde superficiali (Rayleigh) hanno assunto importanza progressivamente crescente negli ultimi anni.

Sebbene le onde superficiali siano spesso considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.



L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori) sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte) hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S ( $V_s$ ) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La costruzione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh, è una delle pratiche più comuni di impiego delle proprietà dispersive delle onde superficiali.

Tra le varie tecniche che si basano sull'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh, vi è l'analisi multicanale delle onde superficiali (MASW, *Multichannel Analysis of Surface Waves*). L'intero processo comprende tre fasi successive: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$ .

Per ottenere un profilo  $V_s$  occorre innanzitutto produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarli minimizzando il rumore. Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde: le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza in base alla distanza dalla sorgente. La scelta dei parametri di elaborazione, così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione.

Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza. La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili ( $x$ ;  $y$ ), il cui legame costituisce la curva di dispersione. La MASW consente in generale la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo  $V_s$  di inversione.

L'inversione della curva di dispersione serve per ricavare il profilo verticale delle  $V_s$ ; tale operazione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento, sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati. Per ricavare il profilo verticale  $V_s$  dalla curva di dispersione occorrono i valori approssimati del rapporto di Poisson e della densità, solitamente stimati utilizzando i risultati di misure effettuate in loco o valutando le tipologie dei materiali presenti.



Per l'acquisizione sismica è stato impiegato un sismografo EEG BR24 a 24 canali e un doppio stendimento, ciascuno dotato di 12 geofoni a 4.5 Hz con spaziatura costante pari a 2 metri, per un totale di 24 geofoni. La generazione di onde sismiche avviene mediante l'impiego di un fucile sismico o di una mazza battente da 6 kg.

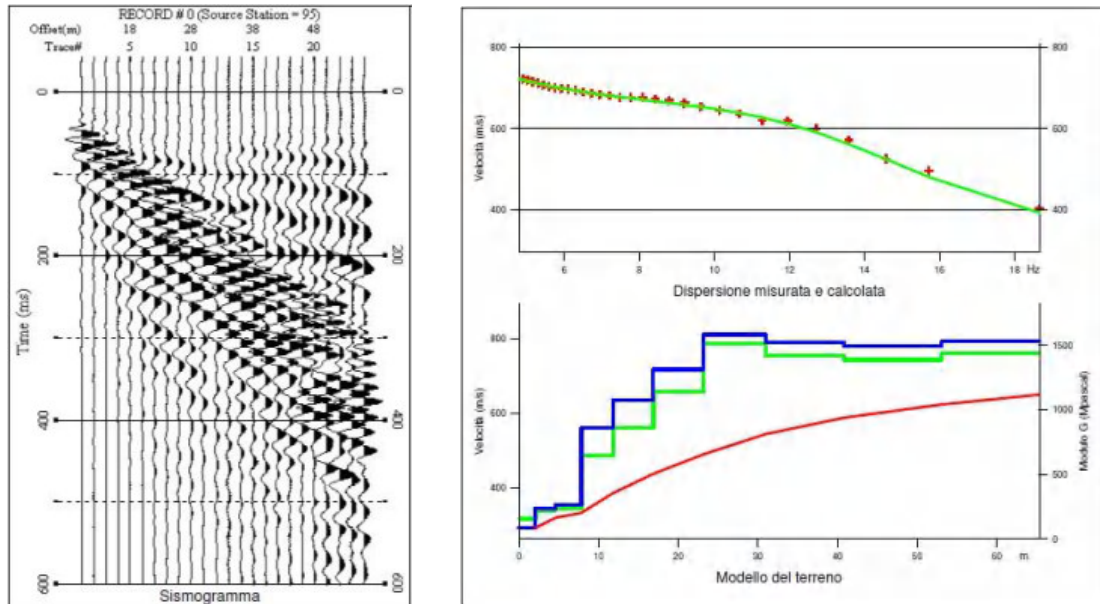
L'analisi MASW può fornire risultati con un buon grado di attendibilità anche impiegando solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz). L'impiego di due

stendimenti costituiti da 12 geofoni contribuisce ad ottimizzare ulteriormente i risultati.

### 9.2.1.2 Analisi dei risultati e calcolo delle Vs30

Si riportano di seguito i risultati delle analisi MASW effettuata nel Comune di Lissone.

#### MASW 1 – VIA BELTRAME



Sismogramma registrato, curva di dispersione e modello Vs del terreno  
(MASW1 Lissone – Via Beltrame)

Il grafico in alto mostra la sovrapposizione della curva di dispersione misurata (curva a dispersione in nero) e di quella calcolata (polilinea in verde), mentre il grafico sotto mostra l'andamento della velocità Vs nei primi 30 m di terreno, ottenuto grazie all'inversione della curva di dispersione.

L'inversione della curva di dispersione ha condotto ai seguenti risultati:

<b>Tabella di calcolo Vs30</b>			
<i>Da profondità</i>	<i>A profondità</i>	<i>Vs</i>	<i>Hi/Vi</i>
0	2.1	295	0.007
2.1	4.6	347	0.0074
4.6	7.8	356	0.009
7.8	11.9	561	0.0072
11.9	16.9	636	0.0079
16.9	23.2	718	0.0088
23.2	31	810	0.0097
31	40.8	788	0.0124
40.8	53.1	781	0.0157
53.1	65.3	793	0.0155

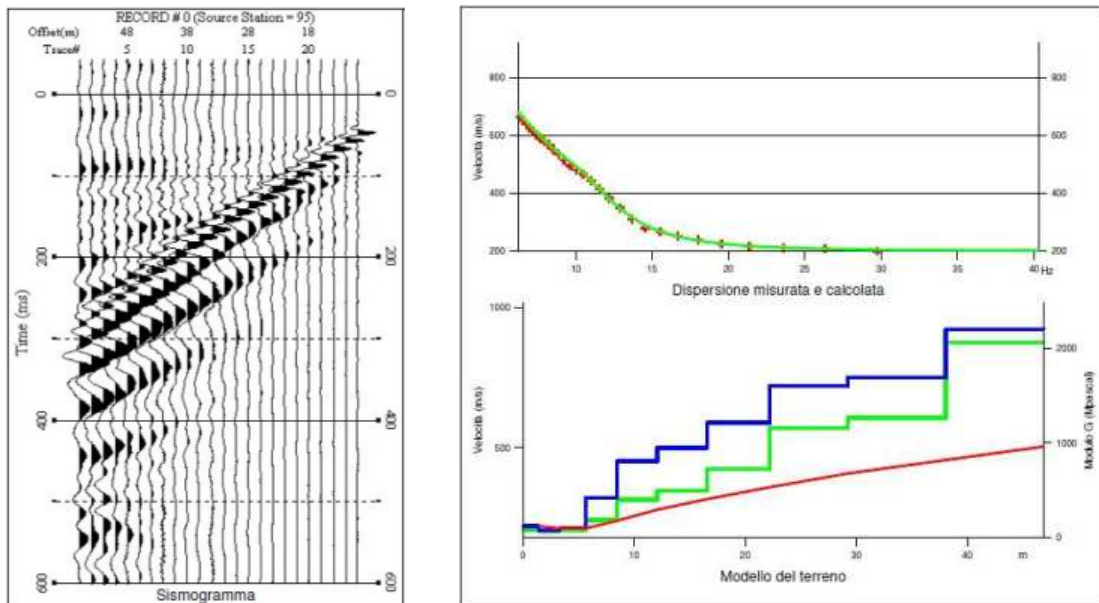


Per il calcolo della Vs30 è stata impiegata la formula riportata nel D.M. 14/01/2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”, così di seguito enunciata:

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

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (m/s) (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori. Nel sito in esame, l’analisi MASW ha condotto ad un valore di Vs30 pari a **539 m/s**.

#### MASW 2 – VIA PIERMARINI/VIA CANONICA



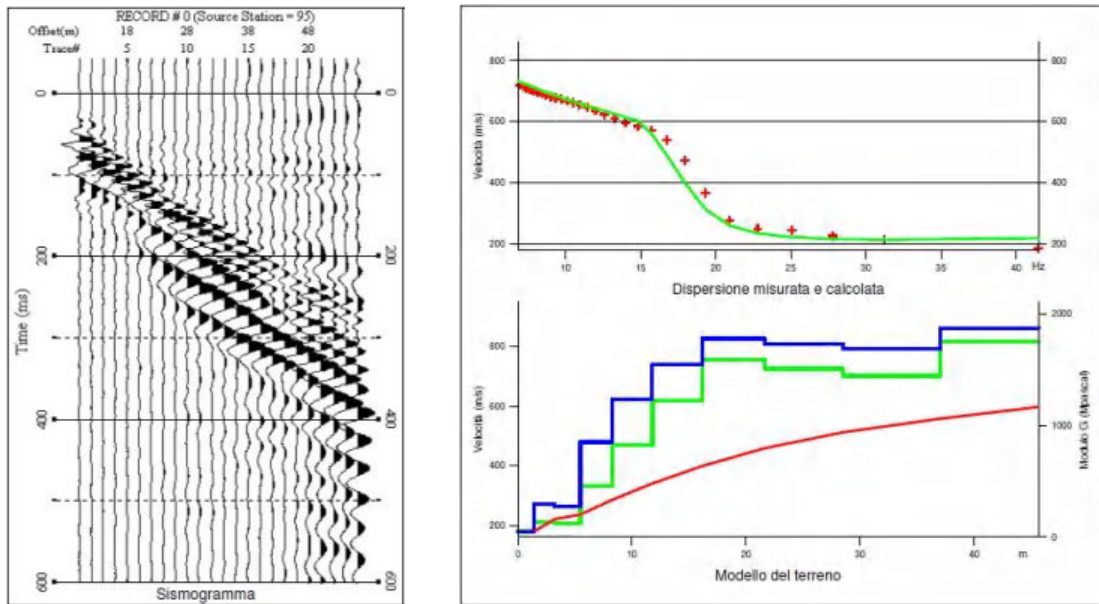
Sismogramma registrato, curva di dispersione e modello Vs del terreno  
(MASW2 Lissone – Via Piemarini/Via Canonica)

L’inversione della curva di dispersione ha condotto ai seguenti risultati:

<b>Tabella di calcolo Vs30</b>			
<i>Da profondità</i>	<i>A profondità</i>	<i>Vs</i>	<i>Hi/Vi</i>
0	1.5	222	0.0066
1.5	3.3	208	0.0089
3.3	5.6	214	0.0107
5.6	8.5	322	0.009
8.5	12.1	454	0.0079
12.1	16.6	500	0.009
16.6	22.2	590	0.0095
22.2	29.2	721	0.0097
29.2	38	750	0.0117
38	46.8	923	0.0095

Impiegando la formula precedentemente descritta, i dati illustrati in tabella hanno condotto a un valore di Vs30 pari a **414 m/s**.

**MASW 3 – VIALE DELLE INDUSTRIE**

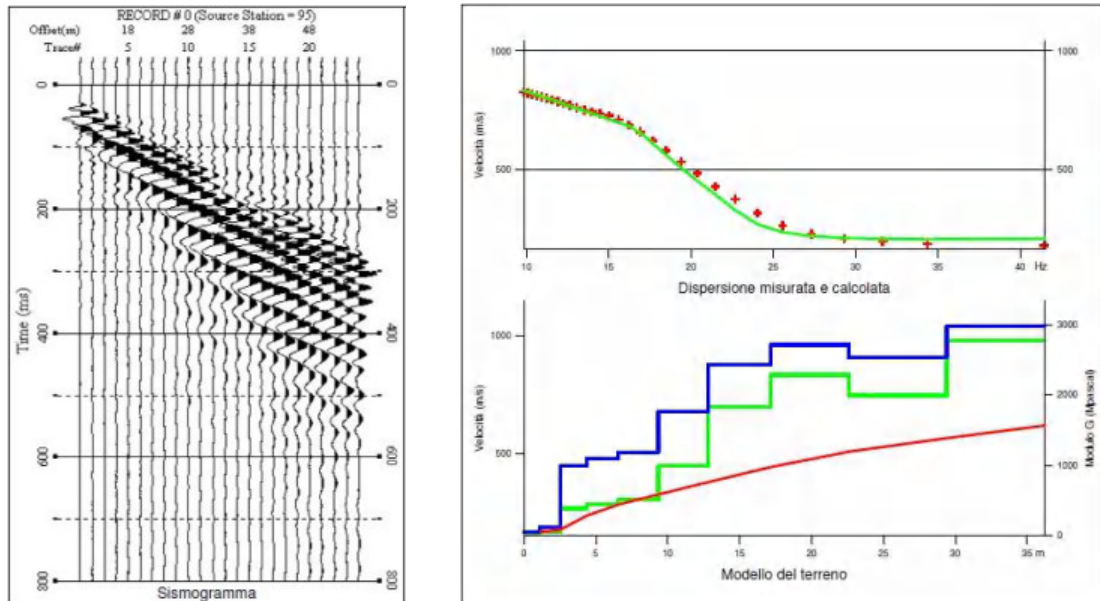


Sismogramma registrato, curva di dispersione e modello Vs del terreno (MASW3 Lissone – Viale delle Industrie)

L'inversione della curva di dispersione ha condotto ai seguenti risultati:

<b>Tabella di calcolo Vs30</b>			
<i>Da profondità</i>	<i>A profondità</i>	<i>Vs</i>	<i>Hi/Vi</i>
0	1.4	180	0.008
1.4	3.2	272	0.0066
3.2	5.5	263	0.0085
5.5	8.3	480	0.0058
8.3	11.8	621	0.0056
11.8	16.2	738	0.0059
16.2	21.6	826	0.0066
21.6	28.5	808	0.0085
28.5	37.1	793	0.0108
37.1	45.6	861	0.01

I dati illustrati in tabella hanno condotto a un valore di Vs30 pari a **521 m/s**.

**MASW 4 – VIA PEROSI**

Sismogramma registrato, curva di dispersione e modello Vs del terreno  
(MASW4 Lissone – Via Perosi)

L'inversione della curva di dispersione ha condotto ai seguenti risultati:

<b>Tabella di calcolo Vs30</b>			
<i>Da profondità</i>	<i>A profondità</i>	<i>Vs</i>	<i>Hi/Vi</i>
0	1.1	164	0.0069
1.1	2.6	184	0.0077
2.6	4.3	446	0.004
4.3	6.6	477	0.0047
6.6	9.4	504	0.0055
9.4	12.8	678	0.0051
12.8	17.2	878	0.005
17.2	22.6	963	0.0056
22.6	29.4	910	0.0075
29.4	36.2	1044	0.0065

I dati illustrati in tabella hanno condotto a un valore di Vs30 pari a **570 m/s**.

\*\*\*\*\*

Confrontando i risultati delle prove, si può osservare che tra 13 m e 23 m di profondità la Vs misurata si attesta attorno agli 800 m/s, velocità di propagazione delle onde di taglio caratterizzante il bedrock sismico. Tale strato si approfondisce a 38 m in corrispondenza della Masw 2.

Le stratigrafie dei pozzi per acqua presenti sul territorio confermano tale dato, indicando la presenza di uno strato conglomeratico (caratterizzato da velocità medie

di propagazione delle onde di taglio dell'ordine di 850 – 1000 m/s, quindi definibile come bedrock sismico) posto a partire da circa 15 m di profondità da p.c.

### **9.3 SCENARI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE E POSSIBILI EFFETTI INDOTTI**

Come già accennato, l'esame della documentazione analitica di base (geologia, geomorfologia, tettonica, caratteri geologico – tecnici, etc.) e l'osservazione dettagliata dell'assetto topografico del territorio consente di individuare gli scenari di pericolosità sismica locale (*PSL*) descritti nel seguito.

La distribuzione delle aree di pericolosità sismica locale individuate all'interno del territorio esaminato è mostrata nella **Tav. 6** redatta in scala 1:5.000.

#### **Z2 – Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)**

Si tratta di ambiti estrattivi dismessi:

- area ex cava Checchin sita nel settore settentrionale del territorio comunale di Lissone, oggetto di ritombamento;
- area ex cava Frattini, sita nel settore occidentale del territorio comunale di Lissone presso via Cilea, oggetto di parziale ritombamento;
- area cava Valassina (DE2), sita in Desio, a confine con Lissone, tra Via Volturno e via Corino, oggetto di parziale ritombamento.

Nelle aree suddette potrebbero innescarsi fenomeni di addensamento in occasione dell'evento sismico atteso con conseguenti prevedibili fenomeni di cedimento differenziale, in funzione della tipologia dei materiali di riempimento utilizzati e del loro grado di addensamento, non noti allo stato attuale delle conoscenze.

#### **Z4 – Zone con potenziali effetti di amplificazione litologica**

Relativamente alle zone Z4, sono state individuate le aree dove le conoscenze acquisite evidenziano la presenza di un substrato roccioso a profondità inferiore a 30 metri, caratterizzato da velocità medie di propagazione delle onde di taglio maggiore o uguale a 800 m/s, ricoperto da depositi alluvionali o depositi glaciali.

Tale situazione litostratigrafica pone le condizioni per l'innescio di significativi fenomeni di amplificazione del segnale sismico atteso in superficie, connessi al marcato contrasto di rigidità dei mezzi a contatto.

**Z4a – Zona di pianura con presenza di depositi fluvio-glaciali granulari con presenza di bedrock sismico a profondità inferiori a 30m**

Tutto il territorio comunale ricade in questa zona, in quanto caratterizzato dalla presenza di depositi fluvio-glaciali con morfologia pianeggiante o sub pianeggiante, costituiti da sabbie con ghiaie, passanti in profondità a ghiaie in matrice sabbiosa e limo subordinato.

Al di sotto dei suddetti terreni, i risultati delle MASW e l'analisi delle stratigrafie dei pozzi per acqua presenti nella zona evidenziano la presenza di un substrato conglomeratico caratterizzato da velocità medie di propagazione delle onde di taglio superiori a 800 m/s (850 – 1000 m/s), posto a profondità variabili tra 15 e 30 m da p.c., quindi definibile come bedrock sismico.

**Z5 – Zone di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse**

Le zone Z5 sono state individuate in corrispondenza del perimetro delle zone Z2 oggetto di ritombamento, dove, in considerazione delle non note caratteristiche geotecniche dei materiali di riempimento allocati, sono prevedibili comportamenti difformi tra i due lati della linea di contatto con possibile innesco di cedimenti differenziali e distorsioni angolari. L'ampiezza di tale zona è stata assunta pari a un buffer di 10 m rispetto al limite della zona Z2.

## **FASE DI SINTESI – VALUTAZIONE – PROPOSTA**

### **Allegati**

**All. 2:** Schede dei pozzi pubblici

**All. 3:** Stratigrafie dei pozzi pubblici

**All. 10:** Autorizzazione dirigenziale n.302/2005 del 14/12/2005 della Provincia di Milano alla ridefinizione della zona di rispetto dei pozzi n. 6 “via Battisti” e n. 10 “via Volturno”, ad uso potabile, da parte del Comune di Lissone

### **Tavole**

**Tav. 7:** Sintesi degli elementi conoscitivi – scala 1:5.000

**Tav. 8:** Carta dei vincoli – scala 1:5.000

**Tav. 9:** Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano – scala 1:5.000

**Tav. 10:** Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano – scala 1:10.000

## 10. QUADRO DEI VINCOLI NORMATIVI

Il quadro dei vincoli in materia ambientale, geologica, idrogeologica e di difesa del suolo esistenti sul territorio comunale di Lissone è da riferirsi sia a normative nazionali che a direttive e regolamenti regionali.

Nella *Carta dei vincoli (Tav. 8)* sono rappresentati i limiti degli ambiti territoriali sottoposti a limitazioni d'uso secondo quanto previsto dalla D.G.R. 8/7374/08.

I vincoli geologico – ambientali in vigore sono di seguito elencati con particolare riferimento alle specifiche tecniche previste dalla normativa.

### 10.1 VINCOLI DERIVANTI DALLE AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE

Le aree di salvaguardia delle opere di captazione per acque sotterranee sono porzioni territoriali prestabilite per forma ed estensione, con lo scopo di proteggere le risorse idriche da contaminazioni di origine antropica.

Il **D.Lgs. 152/06** disciplina le aree di salvaguardia con diverso grado di tutela:

- *Zona di Tutela Assoluta*: è l'area immediatamente adiacente all'opera di captazione (comprende un intorno di 10 m di raggio dal pozzo) recintata e adibita esclusivamente ad opere di presa e a costruzioni di servizio;
- *Zona di Rispetto*: è la porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata.

Le zone di rispetto dei pozzi presenti sul territorio comunale di Lissone sono attualmente definite con criterio geometrico (raggio = 200 m), ad eccezione dei pozzi n. 6 – Via Battisti e n. 10 – Via Volturmo, per i quali è stata autorizzata dalla Provincia di Milano (aut. Dir. n.302/2005 del 14/12/2005 – **All. 10**) la ridelimitazione con criterio temporale (isocrona corrispondente ad un tempo  $t = 60$  gg.) in base alla D.G.R. 15137/96.

Inoltre, all'interno del presente studio sono state effettuate prove idrauliche ed elaborazioni finalizzate alla ridelimitazione delle aree di salvaguardia dei pozzi n. 34/35 – Via San Giorgio, n. 8 – Viale Martiri della libertà e n. 37/38 – Vila della Repubblica (cfr. **Cap. 5**).

Per tali pozzi viene pertanto proposta una zona di rispetto ripерimetrata con il criterio temporale, che potrà essere adottata solo in seguito all'approvazione dell'autorità competente.

In particolare nella Zona di Rispetto, in base all'art. 94 del D.Lgs. 152/06, sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- A. *dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;*
- B. *accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;*
- C. *spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;*
- D. *dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche proveniente da piazzali e strade;*
- E. *aree cimiteriali;*
- F. *apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;*
- G. *apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;*
- H. *gestione di rifiuti;*
- I. *stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;*
- J. *centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;*
- K. *pozzi perdenti;*
- L. *pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. È comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.*

Per gli insediamenti o le attività suddette, preesistenti, ove possibile e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza.

Nella direttiva **D.G.R. 10/04/2003 n. 7/12693** sono descritti i criteri e gli indirizzi in merito alla realizzazione di strutture e all'esecuzione di attività ex novo nelle zone di rispetto delle opere di captazione esistenti; in particolare, all'interno dell'All. 1 – punto 3 della detta delibera, sono elencate le direttive per la disciplina delle seguenti attività all'interno delle zone di rispetto:

- realizzazione di fognature;
- realizzazione di opere e infrastrutture di edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
- realizzazione di infrastrutture viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio;
- pratiche agronomiche e contenuti dei piani di utilizzazione.



Per quanto riguarda la realizzazione di fognature (punto 3.1) la delibera cita le seguenti disposizioni:

- i nuovi tratti di fognatura da situare nelle zone di rispetto devono:
  - costituire un sistema a tenuta bidirezionale, cioè dall'interno verso l'esterno e viceversa, e recapitare esternamente all'area medesima;
  - essere realizzati evitando, ove possibile, la presenza di manufatti che possano costituire elemento di discontinuità, quali i sifoni e opere di sollevamento.
- nella Zona di Rispetto di una captazione da acquifero non protetto:
  - non è consentita la realizzazione di fosse settiche, pozzi perdenti, bacini di accumulo di liquami e impianti di depurazione;
  - è in generale opportuno evitare la dispersione di acque meteoriche, anche provenienti da tetti, nel sottosuolo e la realizzazione di vasche di laminazione e di prima pioggia.
- per tutte le fognature nuove (principali, secondarie, allacciamenti) insediate nella Zona di Rispetto sono richieste le verifiche di collaudo.

Per quanto riguarda la realizzazione di opere e infrastrutture di edilizia residenziale e relativa urbanizzazione (punto 3.2), nelle zone di rispetto la delibera dispone:

- per la progettazione e la costruzione degli edifici e delle infrastrutture di pertinenza non possono essere eseguiti sondaggi e indagini di sottosuolo che comportino la creazione di vie preferenziali di possibile inquinamento della falda;
- le nuove edificazioni possono prevedere volumi interrati che non dovranno interferire con la falda captata [...].

In tali zone, inoltre, non è consentito:

- la realizzazione, a servizio delle nuove abitazioni, di depositi di materiali pericolosi non gassosi, anche in serbatoi di piccolo volume a tenuta, sia sul suolo sia nel sottosuolo;
- l'insediamento di condotte per il trasporto di sostanze pericolose non gassose;
- l'utilizzo di diserbanti e fertilizzanti all'interno di parchi e giardini [...].

Nelle zone di rispetto è consentito l'insediamento di nuove infrastrutture viarie e ferroviarie, fermo restando che:

- le infrastrutture viarie a elevata densità di traffico (autostrade, strade statali, provinciali, urbane a forte transito) devono essere progettate e realizzate in modo da garantire condizioni di sicurezza dallo sversamento ed infiltrazione di sostanze pericolose in falda [...];
- lungo tali infrastrutture non possono essere previsti piazzali per la sosta, per il lavaggio di mezzi di trasporto o per il deposito, sia sul suolo sia nel sottosuolo, di sostanze pericolose non gassose;

- lungo gli assi ferroviari non possono essere realizzati binari morti adibiti alla sosta di convogli che trasportano sostanze pericolose.

Nei tratti viari o ferroviari che attraversano la Zona di Rispetto è vietato il deposito e lo spandimento di sostanze pericolose, quali fondenti stradali, prodotti antiparassitari ed erbicidi, a meno di non utilizzare sostanze che presentino una ridotta mobilità nei suoli.

Per le opere viarie o ferroviarie da realizzare in sottosuolo deve essere garantita la perfetta impermeabilizzazione delle strutture di rivestimento e le stesse non dovranno interferire con l'acquifero captato.

Nelle zone di rispetto è inoltre vietato lo spandimento di liquami e la stabulazione, l'utilizzo di fertilizzanti di sintesi e di fanghi di origine urbana o industriale (punto 3.4).

## 11. SINTESI DELLE CONOSCENZE ACQUISITE

La sintesi degli elementi conoscitivi ha permesso di perimetrare zone del territorio comunale che presentano caratteristiche generali omogenee dal punto di vista della pericolosità – vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno geologico ed idrogeologico.

Pertanto tale carta è costituita da porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico – geotecnica e idrogeologica omogenee.

La classificazione del territorio che sintetizza le conoscenze emerse dalla fase di analisi è illustrata in **Tav. 7 – Sintesi degli elementi conoscitivi**; la descrizione dei caratteri di ciascuna area è riportata di seguito.

### Zona A

#### Caratteri prevalenti:

Aree rilevate subpianeggianti costituite da depositi sabbioso ghiaiosi in matrice limoso – sabbiosa.

#### Caratteristiche geotecniche:

Terreni granulari mediamente alterati in superficie con stato di addensamento da "sciolto" a "medio" in superficie fino ad "addensato" in profondità; locale presenza di orizzonti molto sciolti e cavità che si riscontrano nei primi 15 m di profondità.

#### Caratteristiche degli acquiferi:

Falda libera in materiali alluvionali protetta in superficie da sequenze sommitali di spessore pari a circa 2 m. Presenza di cavità sepolte fino a circa 15 m di profondità che costituiscono vie preferenziali all'infiltrazione dell'acqua in profondità. Soggiacenza maggiore di 35 m.

#### Grado di vulnerabilità: elevato

### Zona B

#### Caratteri prevalenti:

Aree pianeggianti costituite da depositi sabbioso ghiaiosi a supporto clastico in matrice limoso - sabbiosa passanti in profondità a ghiaia in matrice sabbiosa e limo subordinato.

#### Caratteristiche geotecniche:

Terreni granulari poco alterati con stato di addensamento da "sciolto" a "medio" in superficie fino ad "addensato" in profondità con localizzati livelli cementati più frequenti negli intervalli di profondità compresi tra 3 e 6 m e oltre gli 11 m.

Caratteristiche degli acquiferi:

Falda libera in materiali alluvionali protetta in superficie da sequenze sommitali fini di spessore pari a circa 1 metro. Soggiacenza maggiore di 35 m.

Grado di vulnerabilità: alto

\*\*\*\*\*

In aggiunta al suddetto azzonamento, l'elaborato riporta alcuni elementi di interesse, quali:

*AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA GEOTECNICO*

- Aree condizionate da attività antropica attuale e pregressa quali aree di cava, aree degradate e/o aree con accumuli di materiali inerti, con possibilità di riscontrare terreni fini litologicamente disomogenei. È compresa anche una fascia di attenzione di 10m individuata graficamente a contorno di tali aree.

## **12. CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E NORME GEOLOGICHE DI PIANO**

### **12.1 CONSIDERAZIONI GENERALI E METODOLOGICHE**

Sulla base dell'analisi effettuata nella prima fase del presente studio e dell'azonamento di sintesi, ad ogni area omogenea del territorio comunale è stata proposta una classe di **fattibilità geologica** delle azioni di piano e delle **norme geologiche** di piano.

Le 4 classi di fattibilità geologica sono qui di seguito riassunte, riprese direttamente dalla D.G.R. 8/7374/08:

#### **Classe 1 (bianca) - Fattibilità senza particolari limitazioni**

La classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dalle "Norme tecniche per le costruzioni", di cui alla normativa nazionale.

#### **Classe 2 (gialla) - Fattibilità con modeste limitazioni**

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

#### **Classe 3 (arancione) - Fattibilità con consistenti limitazioni**

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

#### **Classe 4 (rossa) - Fattibilità con gravi limitazioni**

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'Art. 27, comma 1, lettere a), b), c), della L.R. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica. Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili.

Le classi di fattibilità geologica, individuate su base fotogrammetrica a scala 1:2.000, sono state rappresentate nella **Tav. 9** alla scala 1:5.000 e nella **Tav. 10** alla scala 1:10.000, utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale, al fine di consentire l'aggiornamento della banca dati del SIT – Regione Lombardia.

Il conferimento delle classi di fattibilità avviene attraverso l'attribuzione a ciascun poligono della carta di sintesi di un valore di ingresso, seguendo le prescrizioni della

Tabella 1 della D.G.R. 8/7374/08, che in seguito può essere modificato in base a valutazioni di merito tecnico per lo specifico ambito.

Per l'intero territorio comunale sono risultate prioritarie nell'azonamento della carta della fattibilità geologica le caratteristiche geomorfologiche, geologico – tecniche ed idrogeologiche delle aree omogenee individuate.

In generale, per l'attribuzione della classe di fattibilità è stato seguito il principio della "classe più limitante", cioè ogni area è stata classificata in base alla pericolosità/vulnerabilità di grado più elevato, o a parità di rischio, in base alla maggior probabilità di accadimento di un dato fenomeno.

La legenda descrittiva è strutturata tipo "matrice azioni – risorse", ponendo in relazione le caratteristiche di ogni area al parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso.

Per ciascuna area inoltre sono state definite ed indicate le indagini minime di approfondimento che si ritengono necessarie preventivamente alla progettazione e realizzazione di interventi od opere, suddivise in 5 grandi tipologie:

<b>TIPOLOGIA DELLE OPERE E AZIONI EDIFICATORIE</b>	
Tipo 1	edilizia singola uni-bifamiliare, di limitata estensione ed altezza o fabbricati accessori
Tipo 2	edilizia intensiva uni-bifamiliare di limitata estensione ed altezza o edilizia plurifamiliare
Tipo 3	edilizia plurifamiliare di grande estensione o edilizia pubblica
Tipo 4	edilizia produttiva e commerciale di significativa estensione areale (> 500 mq)
Tipo 5	opere infrastrutturali, posa di reti tecnologiche o lavori di escavazione e sbancamento

In attuazione del DM 14/01/2008, per ogni tipo di azione edificatoria, in relazione al contesto geologico locale, dovranno essere programmati approfondimenti geologici e geotecnici così strutturati:

<b>APPROFONDIMENTI ED INDAGINI MINIME NECESSARIE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE</b>	
IGT	caratterizzazione geologica e geotecnica da eseguirsi con rilievi ed indagini geognostiche commisurate alla tipologia e all'entità delle opere in ottemperanza al D.M. 14/01/2008
SV	valutazione di stabilità dei versanti e dei fronti di scavo, in ottemperanza al D.M. 14/01/2008

Analogamente, ogni azione edificatoria necessita di interventi da prevedere già in fase progettuale così suddivisi:

<b>INTERVENTI DA PREVEDERE IN FASE PROGETTUALE</b>	
CO	collettamento, allontanamento o trattamento delle acque reflue in fognatura, in conformità ai R.R. n. 3 e n. 4 del 24/03/06
CA	predisposizione di sistemi di controllo ambientale da definire in dettaglio in relazione alle tipologie di intervento edificatorio
RE	opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque superficiali e meteoriche in quanto il deflusso naturale è ostacolato da cause geomorfologiche/geolitologiche
DS	opere per la difesa del suolo e la stabilizzazione dei versanti interessati in quanto gli interventi potrebbero alterare le condizioni di equilibrio e innescare situazioni di dissesto
IRM	interventi di recupero morfologico e/o di funzione paesistico ambientale

Le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità individuate nel presente studio devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi, in quanto propedeutici alla pianificazione e alla progettazione degli stessi.

Nel caso di Piani Attuativi potrà essere presentata per l'approvazione urbanistica una relazione geologica preliminare che attesti la compatibilità del piano con le classi di fattibilità definite dallo studio. Nel qual caso, tale approfondimento preliminare non sostituisce, anche se può comprendere, le indagini previste dalle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008, comunque da eseguirsi a supporto della progettazione.

Le singole classi di fattibilità geologica riconosciute e perimetrare sul territorio comunale di Lissone hanno le caratteristiche descritte nel seguente paragrafo.

## **12.2 CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E NORME TECNICHE**

### **Classe 2 – Aree pianeggianti del livello fondamentale della pianura**

#### Principali caratteristiche

Aree pianeggianti costituite da depositi sabbioso ghiaiosi poco alterati con stato di addensamento da "sciolto" a "medio" in superficie fino ad "addensato" in profondità con localizzati livelli cementati più frequenti negli intervalli di profondità compresi tra 3 e 6 m e oltre gli 11 m. Drenaggio delle acque buono sia in superficie, sia in profondità. La permeabilità elevata determina il grado alto di vulnerabilità della falda idrica sotterranea.

#### Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso

Favorevole con modeste limitazioni legate alle caratteristiche geotecniche del terreno da valutarsi localmente e al grado di vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale.

*Approfondimenti ed indagini minime necessarie in relazione alla tipologia di opere ed azioni edificatorie*

Per tutte le opere e le azioni edificatorie è sempre necessaria un'indagine geognostica (IGT) commisurata alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

Per le opere edilizie consistenti o che prevedono volumi interrati (usualmente edilizia intensiva o plurifamiliare ed edilizia produttiva e commerciale) sono necessari anche approfondimenti per la valutazione dei fronti di scavo (VS), sempre commisurati alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

*Interventi da prevedere in fase progettuale*

È sempre da prevedere la realizzazione di sistemi di collettamento/trattamento delle acque reflue ai sensi dei R.R. n. 3 e n. 4 del 24/03/06 (CO). Per gli insediamenti produttivi sono inoltre da prevedere sistemi di controllo ambientale da definire in dettaglio in relazione alle tipologie di intervento (CA).

**Classe 3a – Aree rilevate subpianeggianti**

*Principali caratteristiche*

Aree rilevate subpianeggianti costituite da depositi sabbioso ghiaiosi mediamente alterati in superficie con stato di addensamento da "sciolto" a "medio" in superficie fino ad "addensato" in profondità; locale presenza di orizzonti molto sciolti e cavità che si riscontrano nei primi 15 m di profondità. Drenaggio delle acque mediocre in superficie e discreto in profondità. La presenza di cavità sepolte fino a circa 15 m di profondità che costituiscono vie preferenziali all'infiltrazione dell'acqua in profondità determina il grado elevato di vulnerabilità della falda idrica sotterranea.

*Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso*

Favorevole con consistenti limitazioni determinate dalle caratteristiche geotecniche del terreno da valutarsi localmente e alla possibile presenza di cavità sepolte.

*Approfondimenti ed indagini minime necessarie in relazione alla tipologia di opere ed azioni edificatorie*

Per tutte le opere e le azioni edificatorie è sempre necessaria un'indagine geognostica (IGT) commisurata alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

Per le opere edilizie consistenti o che prevedono volumi interrati (usualmente edilizia intensiva o plurifamiliare ed edilizia produttiva e commerciale) sono necessari anche approfondimenti per la valutazione dei fronti di scavo (VS), sempre commisurati alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.



### Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere per la regimazione delle acque meteoriche (RE) e la realizzazione di sistemi di collettamento/trattamento delle acque reflue ai sensi dei R.R. n. 3 e n. 4 del 24/03/06 (CO).

## **Classe 3b – Aree condizionata da attività antropica**

### Principali caratteristiche

Aree condizionate da attività antropica attuale e pregressa quali aree di cava, aree degradate e/o aree con accumuli di materiali inerti, con terreni eterogenei, riporti di materiale ed aree colmate aventi scadenti caratteristiche geotecniche e comportamento meccanico poco prevedibile. Comprende una fascia di attenzione di 10m individuata graficamente a contorno di tali aree.

### Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso

Favorevole con consistenti limitazioni determinate dalle caratteristiche geotecniche scadenti e disomogenee dei materiali di riempimento.

### Approfondimenti ed indagini minime necessarie in relazione alla tipologia di opere ed azioni edificatorie

Per tutte le opere e le azioni edificatorie sono sempre necessarie un'indagine geognostica (IGT) e la valutazione di stabilità dei versanti e dei fronti di scavo (SV), commisurate alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

### Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere di regimazione delle acque meteoriche (RE) e la realizzazione di sistemi di collettamento/trattamento delle acque reflue ai sensi dei R.R. n. 3 e n. 4 del 24/03/06 (CO). Sono altresì da prevedere opere per la difesa del suolo (DS), interventi di recupero morfologico e/o di funzione paesistico ambientale (IRM).

## **12.3 NORME ANTISISMICHE**

### **12.3.1 Norme di carattere generale**

Su tutto il territorio comunale gli interventi di nuova costruzione, di ristrutturazione edilizia, di restauro e risanamento conservativo e di manutenzione ordinaria/straordinaria così come definiti all'Art. 27 comma 1 della L.R. n. 12 dell'11/03/2005 "Legge per il Governo del Territorio" dovranno essere progettati adottando i criteri antisismici di cui al D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni".

Tale decreto indica che per qualsiasi opera/intervento interagente con i terreni e le rocce deve essere prevista la caratterizzazione geologica e la modellazione geotecnica dei terreni ottenuta per mezzo di studi, rilievi, indagini e prove commisurate all'importanza ed estensione dell'opera in progetto e alle conseguenze che gli interventi possono produrre sull'ambiente circostante.

Le relazioni geologiche e geotecniche previste dal D.M. 14/01/2008 hanno lo scopo di valutare la fattibilità delle opere, garantire la stabilità e la sicurezza dei manufatti limitrofi e l'idoneità delle scelte progettuali ed esecutive. Pertanto esse dovranno comprendere:

- indagini geognostiche per la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, spinte sino a profondità significative in relazione alla tipologia di fondazione da adottare e alle dimensioni delle opere da realizzare;
- definizione della categoria del suolo di fondazione sulla base valore di  $V_{S30}$  calcolato sulla base del profilo di  $V_S$  ottenuto a mezzo di indagini geofisiche in foro (down-hole o cross-hole), indagini geofisiche di superficie (SASW – *Spectral Analysis of Surface Waves* –, MASW – *Multichannel Analysis of Surface Waves* – o REMI – *Refraction Microtremor for Shallow Shear Velocity* –) o attraverso correlazioni empiriche di comprovata validità con prove di resistenza alla penetrazione dinamica o statica e, responsabilmente, attraverso la correlazione e l'estrapolazione di dati litostratigrafici di sottosuolo e definizione dello spettro di risposta elastico di progetto.

La scelta della metodologia di indagine dovrà essere commisurata all'importanza dell'opera e in ogni caso dovrà essere adeguatamente motivata.

A tale proposito, in presenza di azioni sismiche e con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, il D.M. 14/01/2008 suddivide le costruzioni in quattro classi d'uso così definite:

**Classe I:** costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

**Classe II:** costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

**Classe III:** costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

**Classe IV:** costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti

ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

### 12.3.2 Indagini per la caratterizzazione sismica locale

A titolo orientativo, fatte salve le condizioni per cui il D.M. 14/01/2008 ammette l'applicazione di metodi di progetto – verifica semplificati, la tipologia di indagine da adottare per la caratterizzazione sismica locale è definibile in base alla suddivisione in classi d'uso del D.M. 14/01/2008 (**Par. 12.3.1**) ed è riassunta nella seguente tabella:

Tipologia opere	Tipologia di indagine
<b>Classe I</b>	Correlazioni empiriche di comprovata validità con prove di resistenza alla penetrazione dinamica o statica integrate in profondità con estrapolazione di dati litostratigrafici di sottosuolo.
<b>Classe II</b> (edifici residenziali di piccole dimensioni, singoli edifici industriali e opere infrastrutturali di minore importanza)	
<b>Classe II</b> (complessi residenziali ed industriali strutturalmente consistenti e opere infrastrutturali di maggiore importanza, anche se non ricadenti nel D.D.U.O. 21/11/2003 n. 19904)	indagini geofisiche di superficie: SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) o REMI (Refraction Microtremor for Shallow Shear Velocity)
<b>Classe III</b>	indagini geofisiche preferibilmente in foro (down-hole o cross-hole) oppure di superficie (come sopra).
<b>Classe IV</b>	

### 12.3.3 Norme relative agli ambiti di amplificazione sismica locale

L'analisi della sismicità effettuata sul territorio di Lissone ha permesso di individuare diversi scenari di Pericolosità Sismica Locale (**Cap. 9 e Tav. 6**):

- **Z2** – Zone con possibili effetti di cedimento e/o liquefazione;
- **Z4** – Zone con possibili effetti di amplificazione litologica;
- **Z5** – Zone con possibili comportamenti differenziali.

Fermo restando l'applicazione del D.M. 14/01/2008 su tutto il territorio comunale, all'interno dei suddetti ambiti di amplificazione sismica, la documentazione di progetto delle opere rientranti nelle seguenti classi d'uso:

- **Classe II** (limitatamente ai complessi residenziali ed industriali strutturalmente consistenti e opere infrastrutturali di maggiore importanza),

- **Classe III,**
- **Classe IV,**

nonché delle opere classificabili come:

- **“strategiche” o “rilevanti”** rientranti nelle definizioni del D.D.U.O. 21/11/2003 n. 19904 (opere il cui uso prevede affollamenti significativi, edifici industriali 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 e con funzioni sociali essenziali),

dovrà comprendere la definizione degli effetti di amplificazione sismica attesi per i singoli scenari.

Pertanto, più in dettaglio, la documentazione di progetto dovrà comprendere:

#### **Nelle zone Z4:**

- la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi (livello 2 dell'Allegato 5 della D.G.R. 8/7374/08),

e nel caso in cui il fattore di amplificazione calcolato risulti superiore ai valori soglia della normativa nazionale:

- la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi (livello 3 dell'Allegato 5 della D.G.R. 8/7374/08) oppure l'adozione dello spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore<sup>1</sup>.

#### **Nelle zone Z2:**

- la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi (livello 3 dell'Allegato 5 della D.G.R. 8/7374/08).

#### **Nelle zone Z5:**

dovrà essere evitata la costruzione a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione potrà essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

---

<sup>1</sup> Lo schema è il seguente: anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C, nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D; anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D; anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

### **12.3.4 Specifiche per l'esecuzione dell'analisi sismica di livello 3**

La definizione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi (livello 3 dell'Allegato 5 della D.G.R. 8/7374/08) dovrà comprendere i seguenti approfondimenti:

- indagini geognostiche per la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, in termini di caratteristiche granulometriche e di plasticità e di parametri di resistenza e deformabilità, spinte sino a profondità significative in relazione alla tipologia di fondazione da adottare e alle dimensioni dell'opera da realizzare;
- determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità al di sotto del prescelto piano di posa delle fondazioni ottenibile a mezzo di indagini geofisiche dirette;
- definizione del modello geologico – geotecnico di sottosuolo a mezzo di un congruo numero di sezioni geologico – geotecniche atte a definire compiutamente l'assetto morfologico superficiale, l'andamento dei limiti tra i diversi corpi geologici sepolti, i loro parametri geotecnici, l'assetto idrogeologico e l'andamento della superficie piezometrica;
- definizione (anche sulla base di dati di letteratura) del modulo di taglio  $G$  e del fattore di smorzamento  $D$  dei terreni di ciascuna unità geotecnica individuata e delle relative curve di decadimento al progredire della deformazione di taglio  $\phi$ ;
- individuazione di almeno sette diversi input sismici relativi al sito, sotto forma di accelerogrammi attesi al bedrock;
- valutazione della risposta sismica locale consistente nel calcolo degli accelerogrammi attesi al suolo mediante codici di calcolo bidimensionali o tridimensionali in grado di tenere adeguatamente conto della non linearità del comportamento dinamico del terreno e degli effetti di amplificazione topografica di sito; codici di calcolo monodimensionali possono essere impiegati solo nel caso in cui siano prevedibili unicamente amplificazioni litologiche e si possano escludere amplificazioni di tipo topografico;
- definizione dello spettro di risposta elastico al sito ossia della legge di variazione della accelerazione massima al suolo al variare del periodo naturale;
- valutazione dei fenomeni cedimento/liquefazione in condizioni sismiche all'interno degli **ambiti con possibili fenomeni di cedimento e/o liquefazione Z2**.

### **12.5 NORME GENERALI PER L'ACCERTAMENTO DELLA SALUBRITÀ DEI TERRENI NELL'AMBITO DELLA RICONVERSIONE DI ATTIVITÀ INDUSTRIALI DISMESSE**

Sulla base dei contenuti della Delibera Regionale D.G.R. n. 6/17252 del 01 Agosto 1996 "standard di qualità dei suoli" vanno sottoposte a verifica per la tutela ambientale del territorio:

- le discariche incontrollate di rifiuti speciali e/o tossico-nocivi e/o rifiuti solidi urbani e assimilabili;
- le attività industriali dismesse;
- le aree su cui si abbia fondata ragione di ritenere che vi sia un'alterazione della qualità del suolo in seguito a sversamenti o spandimenti incidentali o volontari, ricadute da emissioni in atmosfera o a seguito dell'attività mineraria condotta sull'area.

Per tali aree, l'accertamento delle condizioni di salubrità del suolo deve seguire i criteri tecnici dettati dal D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. (e relativi allegati tecnici) e pertanto si dovranno prevedere opportune indagini ambientali "preliminari" e/o di "caratterizzazione" e successivamente, nel caso si ravvisassero superamenti delle concentrazioni soglia di contaminazione, i necessari interventi di "bonifica" o "messa in sicurezza" opportunamente progettati e supportati con "analisi di rischio".

Sempre secondo il citato decreto, ognuno dei suddetti passaggi tecnico amministrativi necessita di approvazione da parte del Comune che dovrà acquisire parere della Conferenza di Servizi (Regione, Provincia, ARPA).

In particolare, per le attività industriali dismesse, l'accertamento della salubrità del suolo deve essere condotta in previsione di un riutilizzo futuro dell'area, sia esso ancora di tipo produttivo/commerciale che di tipo residenziale, facendo riferimento alle rispettive concentrazioni soglia di contaminazione imposte dal decreto.

### **12.6 Norme per la riduzione dell'esposizione al gas radon**

Lo specifico studio condotto da ARPA Lombardia indica una probabilità pari all'8% di superamento della concentrazione di gas radon di 200 Bq/m<sup>3</sup> (vedi **Cap. 8**). Pertanto si riportano le raccomandazioni che ARPA propone per le nuove edificazioni allo scopo di minimizzare l'esposizione della popolazione al radon indoor.

Si tratta di alcuni accorgimenti costruttivi da applicare singolarmente o in combinazione tra loro, che possono variare in funzione delle caratteristiche morfologiche e litologiche del sito, nonché dalla tipologia di edificio e dalle specifiche esigenze degli occupanti.

In sintesi si elencano gli accorgimenti ritenuti più efficaci:

- Ventilazione naturale tramite formazione di vespaio aerato;
- Ventilazione meccanica controllata;

- Drenaggio delle fondazioni per l'allontanamento dell'eventuale gas presente nel terreno;
- Sigillatura delle fonometrie per il passaggio di impianti, scarichi e canalizzazioni.

La presenza di collegamento (scale), in una stessa unità immobiliare, fra seminterrato e piani superiori, può convogliare il radon, di norma presente in maggiori concentrazioni nel seminterrato, verso i piani superiori.

Infine, nei locali di abitazione e particolarmente nelle zone notte, dovrebbe essere evitato l'uso di materiali costruttivi e di finitura contenenti significative concentrazioni di radionuclidi naturali, quali i tufi, i graniti, le sieniti, i basalti, le pozzolane, i cementi contenenti polveri e scorie di altoforno, le calce eminentemente idrauliche.

Si rimanda alla competenza urbanistica la valutazione circa l'eventuale inserimento delle indicazioni fornite da ARPA all'interno del Piano delle Regole o del Regolamento Edilizio.

### 13. CONCLUSIONI

Il presente studio geologico è stato condotto a supporto della pianificazione urbanistica del Comune di Lissone con la specifica finalità di fornire un quadro conoscitivo dei caratteri fisici del territorio comunale ed orientare le scelte di pianificazione territoriale.

L'attività svolta ha consentito la redazione degli elaborati in linea con i riferimenti metodologici ed i criteri attuativi delle L.R. 12/05 per il Piano di Governo del Territorio (D.G.R. 8/1566 del 22/12/2005 e D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008).

Date le specifiche finalità, lo studio ha privilegiato gli aspetti pratico – applicativi che hanno condotto alla redazione di elaborati cartografici tematici facilmente rapportabili agli interventi attuabili sul territorio ed alla loro possibile interazione con suolo e sottosuolo. Il quadro conoscitivo di base dello stato fisico del territorio è descritto dalle cartografie redatte in fase di "analisi".

Nella successiva fase di "sintesi, valutazione e proposta" l'esame d'insieme degli elementi conoscitivi ha quindi permesso la redazione della carta di sintesi, con rappresentate le aree omogenee in funzione della pericolosità geologico – geotecnica e della vulnerabilità idrogeologica.

L'elaborazione finale e più specificatamente finalizzata alla pianificazione territoriale è stata comunque l'attribuzione delle classi di fattibilità geologica alle aree omogenee riconosciute. La *carta di fattibilità geologica delle azioni di piano* esprime le principali limitazioni agli interventi edificatori attuabili sul territorio ed è stata redatta secondo le indicazioni della D.G.R. n. 8/7374/08 indicante i criteri relativi alla componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T.

La legenda descrittiva della tavola stessa fornisce indicazioni sulle principali caratteristiche di ogni area esprimendo un parere geologico sulla edificabilità ed indicando le indagini minime necessarie e gli interventi da prevedere in fase progettuale. In sovrapposizione sono state individuate le zone di amplificazione sismica locale dipendenti da caratteristiche litologiche e/o geometriche.

La suddetta classificazione deve essere utilizzata congiuntamente alle "norme geologiche di piano" che ne riportano la relativa normativa d'uso. Tale documentazione deve costituire parte integrante del Piano delle Regole ai sensi dell'art. 10, comma 1, lettera d) della L.R. 12/05.

Il presente studio geologico deve invece essere contenuto complessivamente nel Documento di Piano del P.G.T. ai sensi dell'art. 8, comma 1, lettera c) della L.R. 12/05.

**Dott. Geol. Fabio Fusina**



**Dott. Geol. Marco Parmigiani**





## **BIBLIOGRAFIA**

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1969) – Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000 – Foglio n. 45 Milano

BINI A., FELBER. M., POMICINO N., ZUCCOLI L. (2001) – Geologia del Mendrisiotto (Canton Ticino, Svizzera): Messiniano, Pliocene e Quaternario.

CESTARI F. (1990) – Prove geotecniche in sito

CIVITA M. (1990) – Legenda unificata per la carta della vulnerabilità intrinseca dei corpi idrici sotterranei/ Unified legend for the aquifer pollution vulnerability maps. Pitagora Edit., Bologna, 13 p.

CIVITA M. (1991) – La valutazione della vulnerabilità degli acquiferi. – Atti 1° Convegno Nazionale "Protezione e gestione delle acque sotterranee: Metodologie, Tecnologie ed Obiettivi". Marano s.P., 3, 39–86

CNR, G.N.D.C.I, FRANCANI V, CIVITA M.(1988) – Proposta di normativa per l'istituzione delle fasce di rispetto delle opere di captazione di acque sotterranee.

FUSINA e PARMIGIANI (2006) – Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 Marzo 2005, n. 12 – Comune di Lissone.

MAESTRELLO H, RIGAMONTI, I, UGGERI A. (1996) – Carte della vulnerabilità intrinseca in ambiente di anfiteatro morenico: due esempi dalla Brianza comasca. – Atti II Convegno Internazionale di Geoidrologia, Firenze.

REGIONE LOMBARDIA (2002) – Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia.

Sono stati consultati inoltre studi geologici e indagini geognostiche, eseguiti per committenti privati e per il Comune di Lissone, depositati presso l'U.T. del comune medesimo.