

**STUDIO DI GEOLOGIA**

**Dott. Geol. Marco Parmigiani**  
**Via R. Sanzio, n.3 - 21049 - Tradate (VA)**

**Tel. e Fax ufficio: 0331 - 810710**

**e\_mail: [geologoparmigiani@gmail.com](mailto:geologoparmigiani@gmail.com)**



**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**

Tradate, Marzo 2015



**COMUNE DI LISSONE**  
**Provincia di MONZA E BRIANZA**

**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  
E NORME GEOLOGICHE DI PIANO**

**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
3.4 FENOMENO DEGLI "OCCHI POLLINI" .....	12
<b>4. IDROGEOLOGIA</b> .....	<b>15</b>
4.1 CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ IDROGEOLOGICHE DI SOTTOSUOLO .....	15
4.2 PIEZOMETRIA DELLA FALDA .....	16
4.3 VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI ALL'INQUINAMENTO .....	19
4.4 QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE.....	21
4.1 <i>Classificazione idrochimica delle acque captate dai pozzi</i> .....	24
4.5 USO DEL SUOLO E UBICAZIONE DEI CENTRI DI PERICOLO .....	25
4.5.1 <i>Ubicazione dei centri di pericolo</i> .....	25
4.6 OPERE DI CAPTAZIONE ED INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA .....	26
4.7 PARAMETRI IDROGEOLOGICI DELL'ACQUIFERO.....	28

<b>5. IDROGRAFIA</b> .....	<b>32</b>
5.1 ATTESTAZIONE DI ASSENZA DEL RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE E MINORE NEL TERRITORIO COMUNALE .....	32
<b>6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – TECNICO</b> .....	<b>34</b>
6.1 CARATTERI PEDOLOGICI.....	46
6.2 GRADO DI SUSCETTIVITÀ AL FENOMENO DEGLI "OCCHI POLLINI".....	47
6.3 ULTERIORI ELEMENTI DI CARATTERE GEOLOGICO - TECNICO.....	49
<b>7. IL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AL GAS RADON</b> .....	<b>50</b>
7.1 LA MAPPATURA DEL TERRITORIO LOMBARDO .....	50
7.2 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	51
7.3 RISULTATI PRELIMINARI DELLO STUDIO ARPA .....	51
<b>8. ANALISI DELLA SISMICITA' DEL TERRITORIO</b> .....	<b>54</b>
8.1 ASPETTI NORMATIVI E METODOLOGICI.....	54
8.2 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL TERRITORIO COMUNALE .....	55
8.2.1 <i>Analisi multicanale delle onde superficiali (Masw)</i> .....	61
8.3 SCENARI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE E POSSIBILI EFFETTI INDOTTI .....	68
8.4 CARATTERIZZAZIONE SEMI-QUANTITATIVA DEGLI EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE ATTESI – ANALISI DI LIVELLO II .....	69
<b>FASE DI SINTESI – VALUTAZIONE – PROPOSTA</b> .....	<b>82</b>
<b>9. QUADRO DEI VINCOLI NORMATIVI</b> .....	<b>83</b>
9.1 VINCOLI DERIVANTI DALLE AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE .....	83
<b>10. SINTESI DELLE CONOSCENZE ACQUISITE</b> .....	<b>86</b>
<b>11. CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E NORME GEOLOGICHE DI PIANO</b> .....	<b>88</b>
11.1 CONSIDERAZIONI GENERALI E METODOLOGICHE .....	88
11.2 CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E NORME TECNICHE .....	90
11.3 LINEE GUIDA PER L'INDIVIDUAZIONE DEGLI "OCCHI POLLINI" .....	93
11.4 NORME ANTISISMICHE .....	94
11.4.1 <i>Norme di carattere generale</i> .....	94
11.4.2 <i>Indagini per la caratterizzazione sismica locale</i> .....	96
11.4.3 <i>Norme relative agli ambiti di amplificazione sismica locale</i> .....	96
11.4.4 <i>Specifiche per l'esecuzione dell'analisi sismica di livello 3</i> .....	98
11.5 NORME GENERALI PER L'ACCERTAMENTO DELLA SALUBRITÀ DEI TERRENI NELL'AMBITO DELLA RICONVERSIONE DI ATTIVITÀ INDUSTRIALI DISMESSE .....	99
11.6 NORME PER LA RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE AL GAS RADON .....	100
<b>13. CONCLUSIONI</b> .....	<b>101</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>102</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:** Schede del Piano Cave della Provincia di Monza e Brianza e del Catasto Regionale Cave
- All. 6:** Risultati delle prove sismiche per la determinazione delle Vs30 (MASW)
- All. 7:** Schede riassuntive dei risultati dell'analisi sismica di livello II
- All. 8:** 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. 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 allo scrivente, l'incarico per l'aggiornamento dello studio geologico di supporto alla pianificazione urbanistica comunale. La stesura degli elaborati cartografici, della relazione tecnica e delle norme geologiche ha seguito quanto previsto dalla D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616, *Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12", approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374.*

Oltre a quanto strettamente previsto dalla delibera, si sono approfondite tematiche di specifico interesse per il Comune di Lissone, riferibili a quanto previsto dal PTCP di Monza e Brianza (D.C.P. n. 16 del 10 luglio 2013) e al recente aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (D.G.R. n. 10/2129 del 11 luglio 2014).

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 2011), che l'effettuazione di nuovi rilevamenti diretti sul territorio e nuove elaborazioni.

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**

- 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:** Schede del Piano Cave della Provincia di Monza e Brianza e del Catasto Regionale Cave
- All. 6:** Risultati delle prove sismiche per la determinazione delle Vs30 (MASW)
- All. 7:** Schede riassuntive dei risultati dell'analisi sismica di livello II
- All. 8:** 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 (ciclogenese 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).

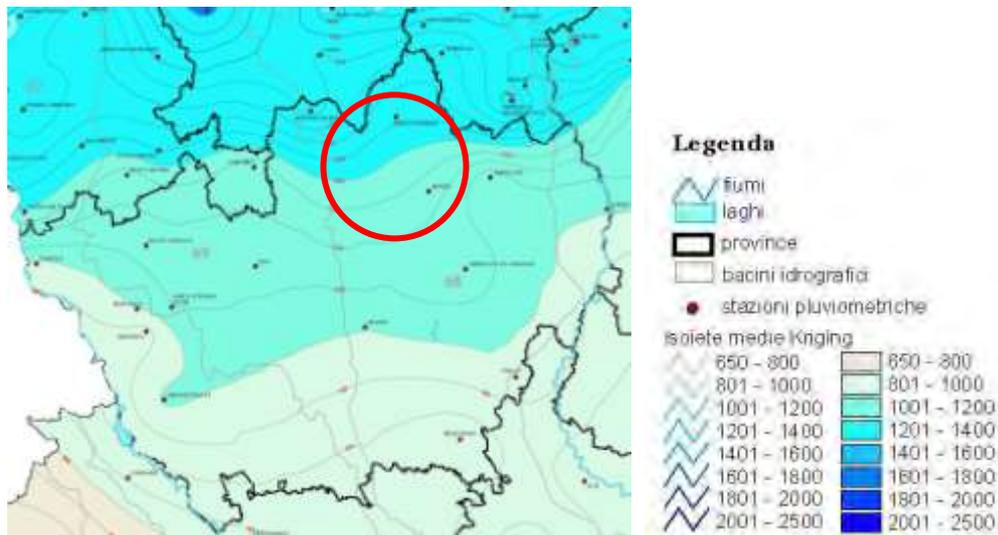
Tutte le situazioni perturbate sopra descritte sono particolarmente frequenti nei periodi autunnale e primaverile, ma possono manifestarsi in qualunque periodo dell'anno. Da ricordare, in particolare, le perturbazioni intense, note con il nome di tempeste equinoziali che, ad inizio autunno o inizio primavera, 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.

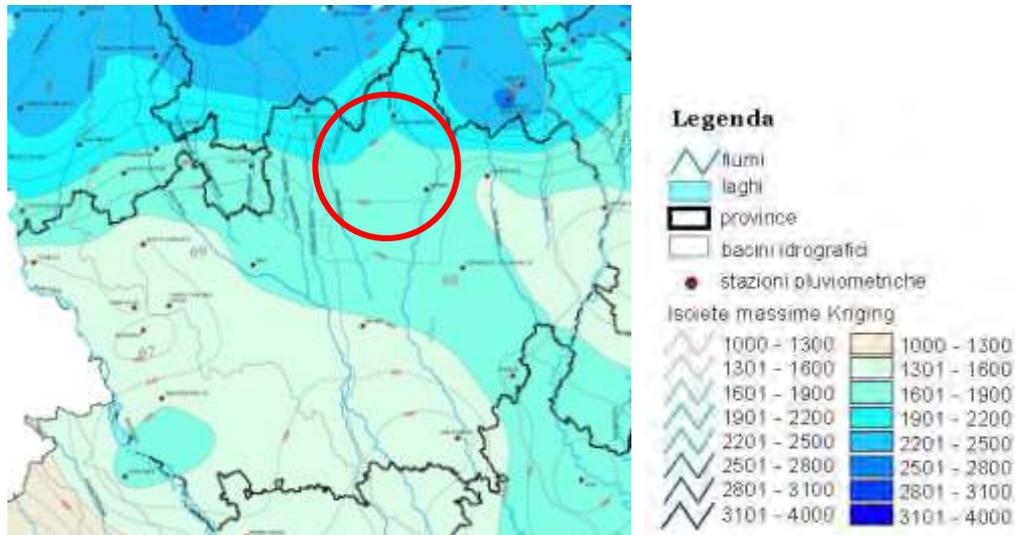
Il regime pluviometrico nel territorio di interesse è di tipo "padano", caratterizzato in generale da stagioni autunnali e primaverili più piovose, in quanto la frequente presenza di correnti atlantiche, spesso associate a depressioni sul Mediterraneo, favorisce le cosiddette "piogge equinoziali".

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.

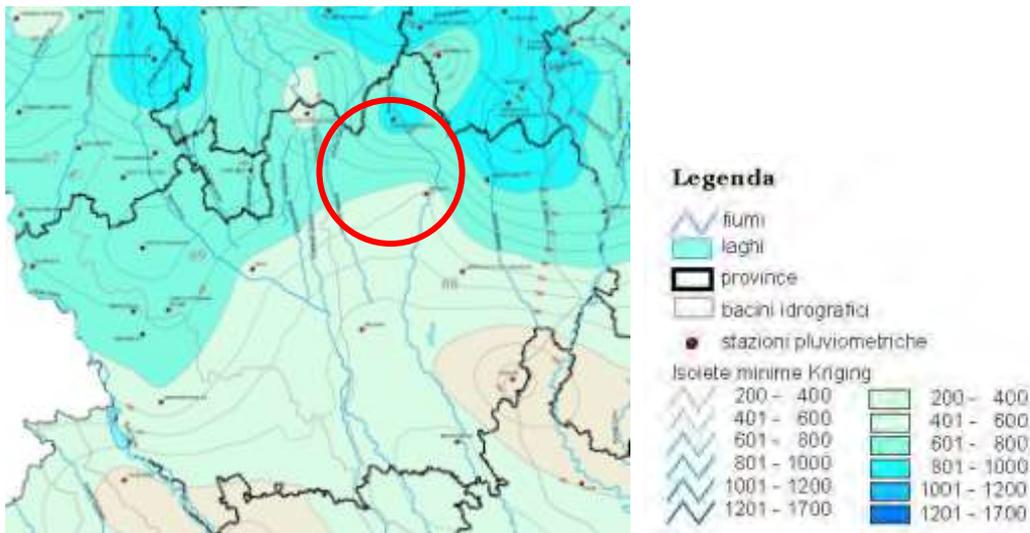


**Precipitazioni medie** – Estratto della Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990)

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)



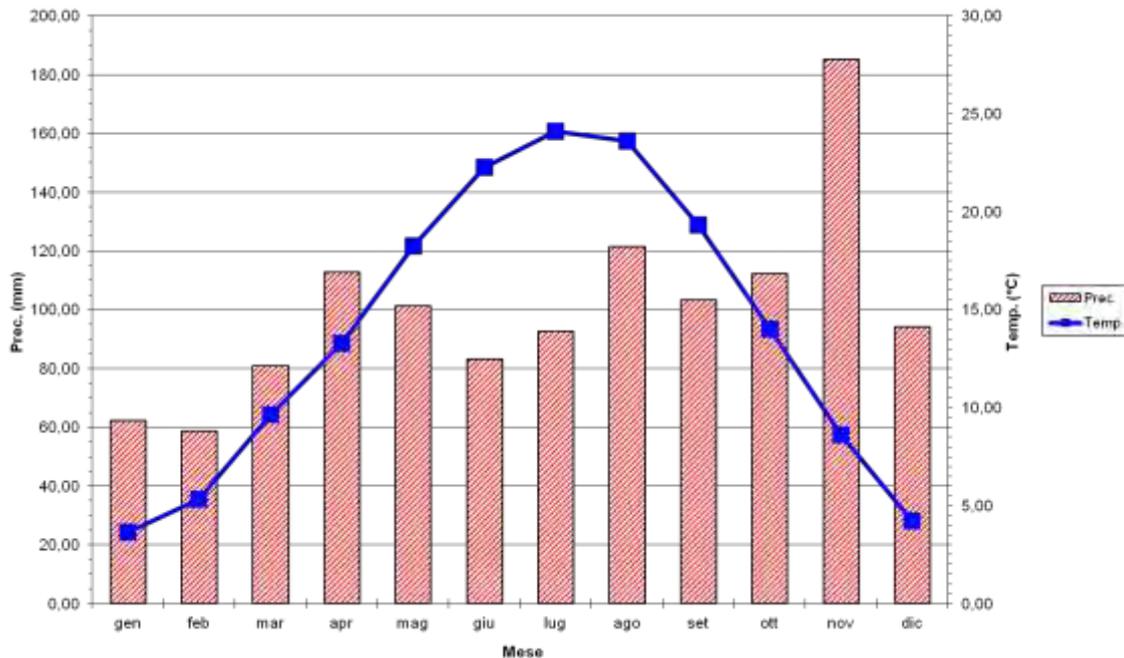
**Precipitazioni minime** – Estratto della Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990)

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 – 2013), 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	3,63	62,33
Febbraio	5,34	58,63
Marzo	9,65	81,02
Aprile	13,27	112,86
Maggio	18,24	101,38
Giugno	22,26	83,17
Luglio	24,10	92,59
Agosto	23,61	121,34
Settembre	19,31	103,28
Ottobre	14,01	112,38
Novembre	8,59	185,20
Dicembre	4,20	94,28
Anno	13,85	1208,47



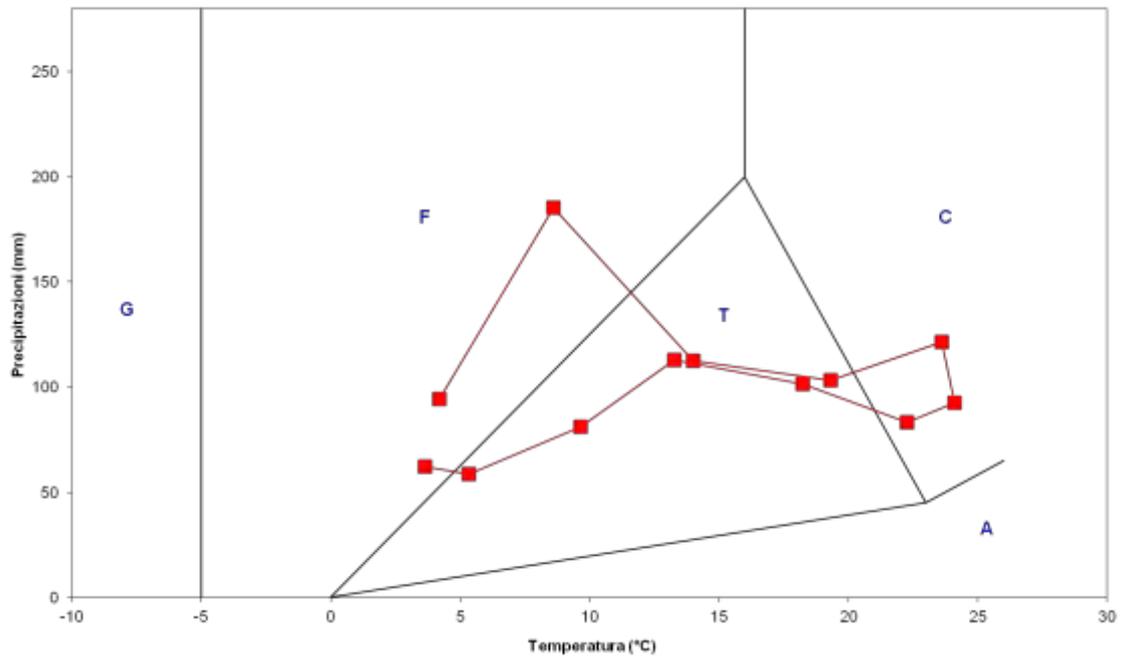
La temperatura media annua è di 13,85 °C, con una escursione termica annua (differenza tra la temperatura media del mese più caldo e la temperatura media del mese più freddo) di circa 20°C; il mese più freddo è gennaio, con 3,6°C, mentre quello più caldo è luglio con 24°C; da gennaio le temperature crescono 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 100 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

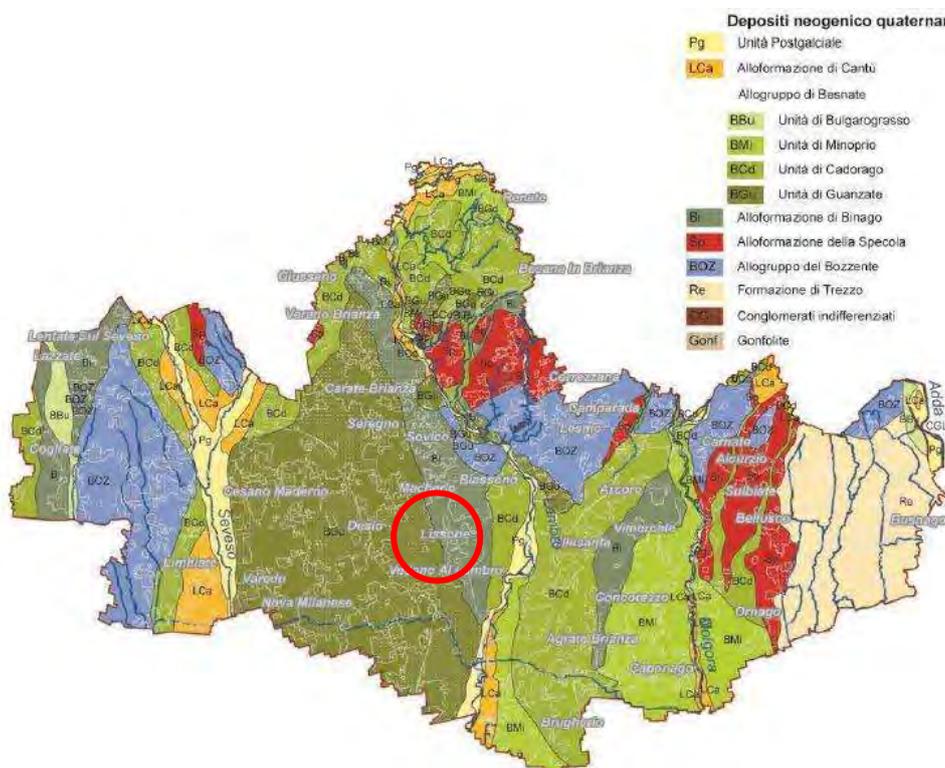
Il territorio comunale di Lissone è posto al limite tra il livello fondamentale della pianura alluvionale che si sviluppa verso sud e i primi rilievi prealpini posti a nord.

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.



Carta schematica dei depositi neogenico – quadernari della Brianza  
Difesa del suolo. I geositi e il fenomeno degli occhi pollini (Tomasì, 2011)

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.

I dati di interesse sono stati ricavati dal Foglio 096 – Seregno della Carta Geologica d'Italia (Progetto CARG – pubblicato sul web nel 2014). I termini formazionali si riferiscono a quanto contenuto nelle note illustrative.

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

#### **BOF SINTEMA DI C.NA FONTANA**

**Appartenente al Supersintema del Bozzente** (Pleistocene medio)  
(non presente nel territorio comunale di Lissone)

Depositi glaciali costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice e localmente a supporto clastico.

Ghiaie poligeniche mal selezionate di dimensioni da centimetriche a pluridecimetriche, con clasti per lo più carbonatici e metamorfici e in misura minore ignei, quarziti e terrigeni.

La matrice è costituita da sabbie limose, limi sabbiosi, argilla, sabbie fini con argilla, ghiaie fini, sabbie ghiaiose. Il colore d'insieme, nelle porzioni sommitali del profilo è 2.5YR, 5YR e 7.5YR, passante verso le parti inferiori a 10YR e 2.5Y. Sono spesso presenti screziature di colore 5YR, screziature disposte orizzontalmente di colore grigio passante esternamente a ruggine e abbondanti patine e noduli di Fe/Mn.

La superficie limite superiore è caratterizzata da un profilo d'alterazione evoluto, che coinvolge il 90 % dei clasti: i carbonati si presentano principalmente argillificati, in minor misura decarbonatati; i clasti metamorfici si presentano generalmente arenizzati e fragili anche se spesso mostrano uno spesso cortex di alterazione anche di 5 mm; i clasti ignei sono arenizzati e raramente con cortex di alterazione; i clasti ultramafici hanno un cortex di alterazione o si presentano sani come le quarziti.

Le morfologie sono ben conservate e sono costituite una cerchia di morene che da Sovico continua verso Est fino a Camparada.

## **BIN SINTEMA DI BINAGO**

(Pleistocene medio)

Depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaia poligeniche a supporto di matrice, con clasti discretamente selezionati, subarrotondati e localmente embricati, o da ghiaie poligeniche a supporto clastico, con dimensione massima dei ciottoli pari a 50 cm.

La matrice è costituita da sabbie medio-grossolane e limi sabbiosi, colore 7.5YR e 10YR o da sabbie limose.

La superficie limite superiore è caratterizzata da un profilo d'alterazione poco evoluto con spessore da 1 a 4 m. I clasti si presentano con carbonati decarbonatati, metamorfici in facies a scisti verdi sani o con un cortex di alterazione millimetrico, granitoidi arenizzati e quarziti.

L'unità 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" (vedi **Par. 3.4**).

Le aree di affioramento dell'unità costituiscono estese piane fluvioglaciali che si allungano da nord a sud assottigliandosi a meridione.

Morfologicamente, i ripiani terrazzati 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.

### **BEZ UNITÀ DI GUANZATE**

**Appartenente al Supersintema di Besnate** (Pleistocene medio – superiore)

Depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie poligeniche medio-grossolane massive, occasionalmente a debole isorientazione, a supporto di matrice.

La matrice è costituita da sabbie grossolane di colore 10YR.

La superficie limite superiore è netta a carattere erosionale con profilo di alterazione poco evoluto: i ciottoli carbonatici sono decarbonatati, i metamorfici sono sani o fragili e arenizzati, mentre gli ignei sono sani e solo raramente alterati.

La presenza delle cavità sepolte denominate “occhi pollini”, già descritte in precedenza per il Sintema di Binago, può essere riscontrata anche all’interno di questa unità, seppur con frequenza minore.

La morfologia dell’unità è molto uniforme: si tratta infatti di un’ampia piana fluvioglaciale che occupa le aree altimetricamente più basse comprese tra i terrazzi delle unità più antiche.

### **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

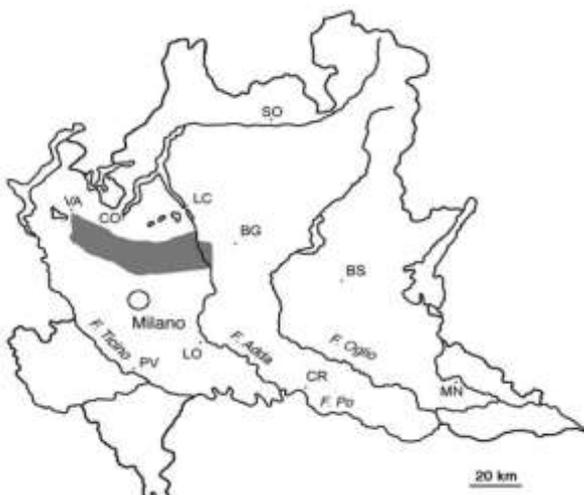
0,0 – 0,5 m	Sottofondo stradale
0,5 – 1,5 m	Argilla sabbiosa con rari ciottoli
1,5 – 7,0 m	Sabbia fine e media con ghiaia e ciottoli centimetrici subarrotondati; presenza di livelli debolmente cementati

### **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

## **3.4 Fenomeno degli “occhi pollini”**



L'alta pianura lombarda, in particolare la zona compresa tra i fiumi Adda e Ticino, è caratterizzata da un fenomeno geologico noto localmente con il termine di “occhi pollini”.

Essi consistono in cavità di dimensioni variabili presenti nei conglomerati e/o nei depositi non cementati che possono portare a sprofondamenti del terreno e delle opere sovrastanti.

Data la particolare incidenza sul territorio briantero di tale fenomeno,

nell'ambito della redazione del PTC provinciale, è stato eseguito uno specifico approfondimento, i cui risultati sono confluiti nel documento *Difesa del suolo. I geositi e il fenomeno degli occhi pollini* (Tomasi, 2011).

Il fenomeno può essere distinto in tre tipologie con caratteristiche diverse, in base alle caratteristiche morfologiche delle cavità e in base alle caratteristiche geologiche del terreno in cui si formano: le cavità nel conglomerato, le cavità di grande diametro nei depositi non cementati e i fenomeni superficiali costituiti da gallerie di piccolo diametro.

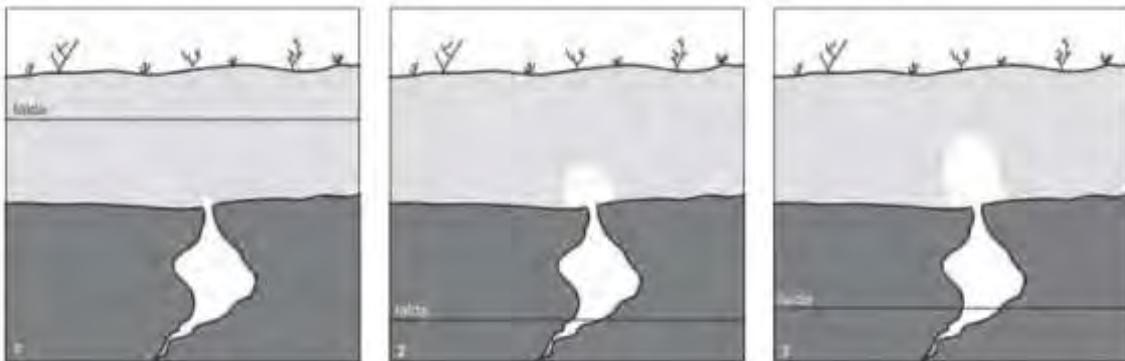
Le cavità nel conglomerato, tipicamente con forte componente carbonatica, sono molto diffuse e presentano dimensioni variabili da pochi centimetri a molti metri cubi. Si formano sia a causa di processi carsici che portano alla dissoluzione della componente carbonatica del cemento e dei ciottoli, sia a causa dell'asportazione per *piping* del materiale alterato. La dissoluzione può agire anche senza formare cavità vere e proprie, ma allargando semplicemente fratture già esistenti.

La diffusione di queste cavità fa sì che il conglomerato sia assimilabile, per quanto riguarda le condizioni di fratturazione e permeabilità, a un substrato carsificato.

Le cavità in sedimenti non cementati si riscontrano di solito in depositi fluvio-glaciali molto alterati, generalmente sopra falda, a profondità variabili da pochi decimetri fino a 20 m e possono avere un volume di molti metri cubi.

Si formano prevalentemente in ghiaie alterate sovrastanti al conglomerato, ma si sono riscontrate anche in materiali fini e ghiaie poco alterate.

In questo caso l'origine delle cavità è da attribuirsi a processi di *piping*. Le variazioni del livello di falda possono innescare tali fenomeni, in quanto nei sedimenti viene a mancare la spinta di galleggiamento e la filtrazione verso il basso dell'acqua comporta l'erosione del materiale più fine. Una volta formatasi una cavità, seppur piccola, il fenomeno si autoalimenta con nuove venute d'acqua e la cavità si ingrandisce. Anche l'immissione di acqua nel sottosuolo, ad esempio tramite pozzi perdenti, può portare a variazioni del regime idrico sotterraneo scatenando fenomeni di *piping*.



**Meccanismo di innesco e sviluppo delle cavità in sedimenti non cementati**  
Note illustrative al Foglio 096 – Seregno - Carta Geologica d'Italia (2014)

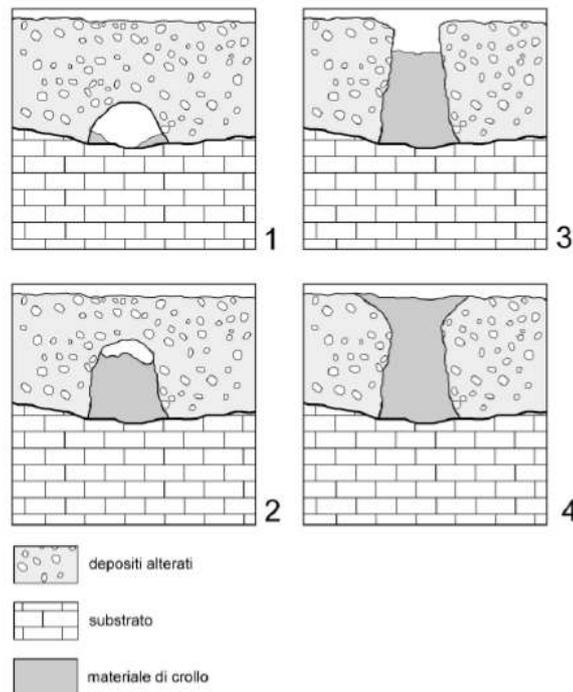
Le gallerie di piccolo diametro sono fenomeni superficiali: si trovano di solito a profondità limitate dove è presente una sovrapposizione tra due litologie a diversa permeabilità, tra un sedimento superficiale poco consolidato ed un sedimento sottostante più consolidato e impermeabile. Anche in questo caso, la genesi è legata all'asportazione di materiale per *piping*. Associate alle gallerie possono essere presenti doline date sia dal crollo della sottostante galleria, sia dovute a *piping*.

La variabilità di condizioni in cui gli occhi pollini possono generarsi e la quasi mancanza di manifestazioni superficiali del fenomeno fanno sì che sia difficile determinare, a priori, dove essi siano presenti. È possibile solo le zone dove è probabile lo sviluppo di occhi pollini, ma non indicare il sito esatto.

Nella Tavola n. 8 del P.T.C. provinciale "Assetto idrogeologico" è stato riportato l'azzoneamento relativo al grado di suscettività al fenomeno degli occhi pollini, riconoscendo sul territorio 5 gradi crescenti di suscettività, da "molto basso-nullo" a "molto alto" (Par. 6.2).

Oltre a quanto riportato sopra, sul territorio si riconosce un'altra tipologia di fenomeni che può essere ricondotta agli "occhi pollini", cioè i livelli a bassa resistenza, caratterizzati dalla presenza di materiale con bassa o nulla resistenza alla penetrazione (0 – 1 colpo/30 cm di avanzamento).

Non possono essere considerati come cavità vere e proprie, ma sono spiegabili o con la presenza di sedimenti molto sciolti a bassa densità o considerando il materiale come ciò che rimane di un "occhio pollino" riempito: la cavità viene man mano riempita di materiale di crollo non compattato, fino a "risalire" fino in superficie (vedi figura sotto – Tomasi, 2011).



**Meccanismo di risalita dell'“occhio pollino”**  
Difesa del suolo. I geositi e il fenomeno degli occhi pollini (Tomasi, 2011)

#### 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 **AII. 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 caratteristiche idrogeologiche dell'area esaminata sono riferibili essenzialmente ad acquiferi sviluppati nelle formazioni geologiche quaternarie che raccolgono gli apporti idrici provenienti da monte e dall'infiltrazione delle acque meteoriche nelle unità maggiormente permeabili.

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

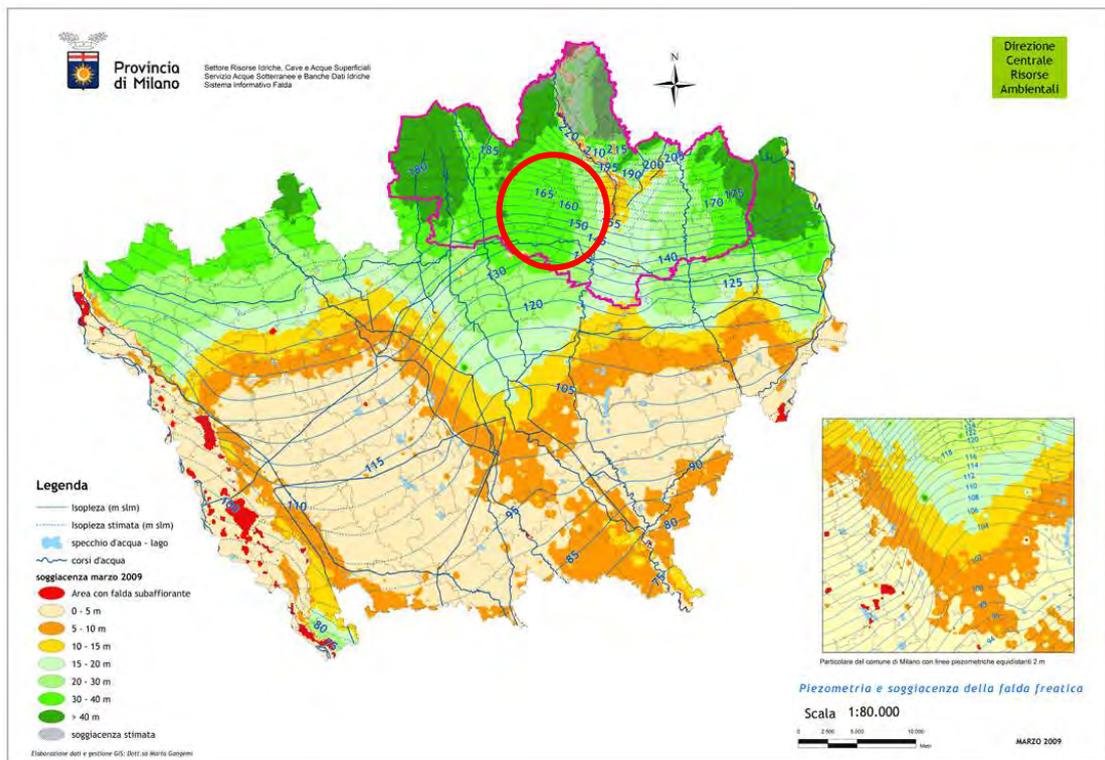
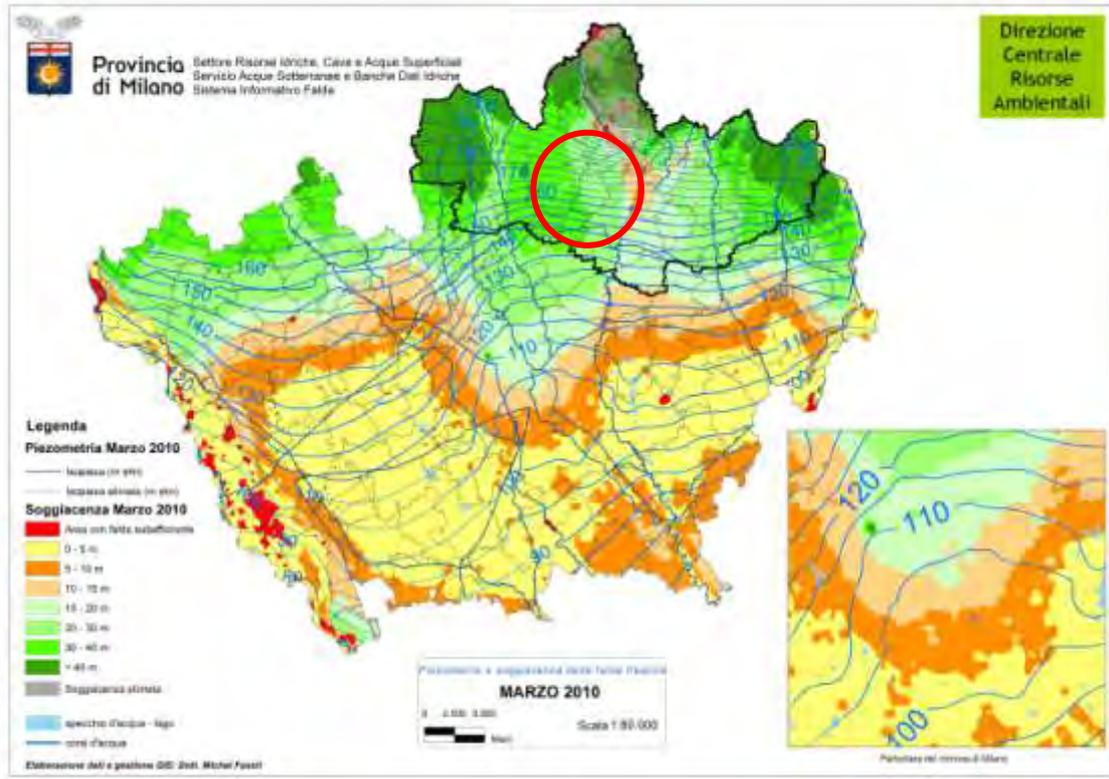
Litozona argillosa costituita da sedimenti di origine marina caratterizzata da bassi valori di permeabilità, all'interno dei quali sono talora presenti dei banchi ghiaiosi di limitato spessore. L'unità si ritrova a circa 120 – 130 m di profondità in corrispondenza dei pozzi n. 2 e 3.

All' interno di tale formazione si rinvencono inoltre acque con scarse proprietà organolettiche derivanti dai processi riducenti sviluppatasi 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 Marzo 2010 (data dell'ultima elaborazione comprensiva dei comuni ora appartenenti alla Provincia di Monza e Brianza), integrati con le misure di livello effettuate da BrianzAcque sui pozzi di Lissone.

Lo schema di deflusso idrico di falda è evidenziato, a scala regionale, nella figura seguente. Nell'elaborazione provinciale, per il territorio comunale di Lissone, si rilevano quote piezometriche comprese fra 185 e 150 m s.l.m. decrescenti verso i settori meridionali, con direzioni del flusso idrico sotterraneo orientate NE – SW. In base rilievi locali, tuttavia, il gradiente idraulico varia tra valori pari a circa 0,6 % a N e 0,5 % a S, con quote piezometriche comprese fra 165 e 145 m s.l.m., valori più vicini alle elaborazioni della provincia di Milano del 2009 (figura seguente). 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).



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.

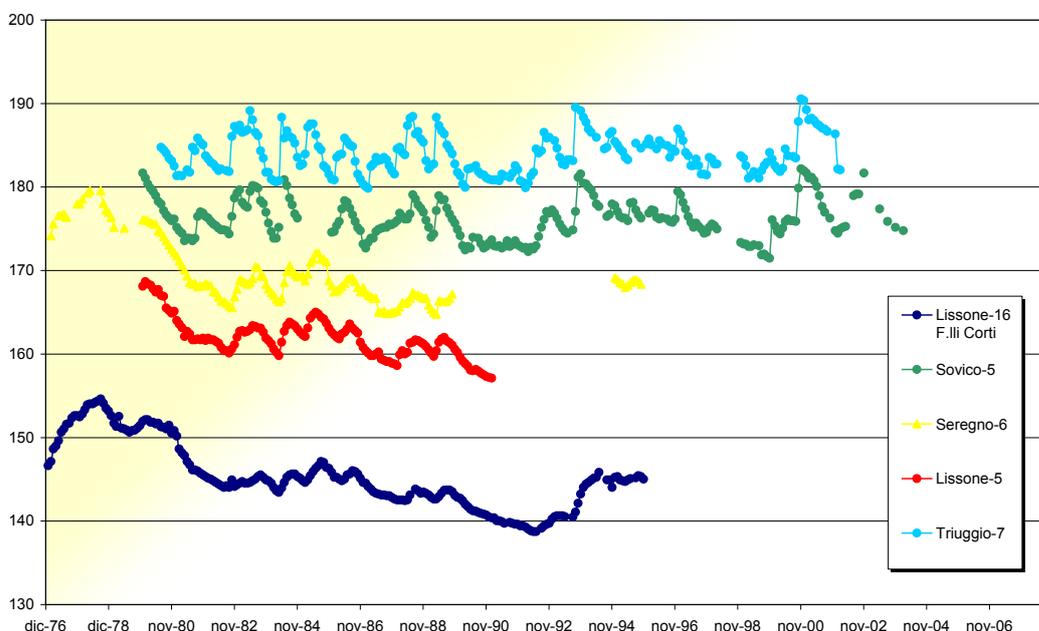
La falda libera si colloca all'interno della litozona ghiaioso sabbiosa (Unità B2 descritta nel precedente paragrafo). Tale litozona presenta alternanze di strati ghiaioso – sabbiosi a scarso o nullo grado di cementazione con notevole capacità di ritenzione, intercalati a banconi conglomeratici permeabili 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.

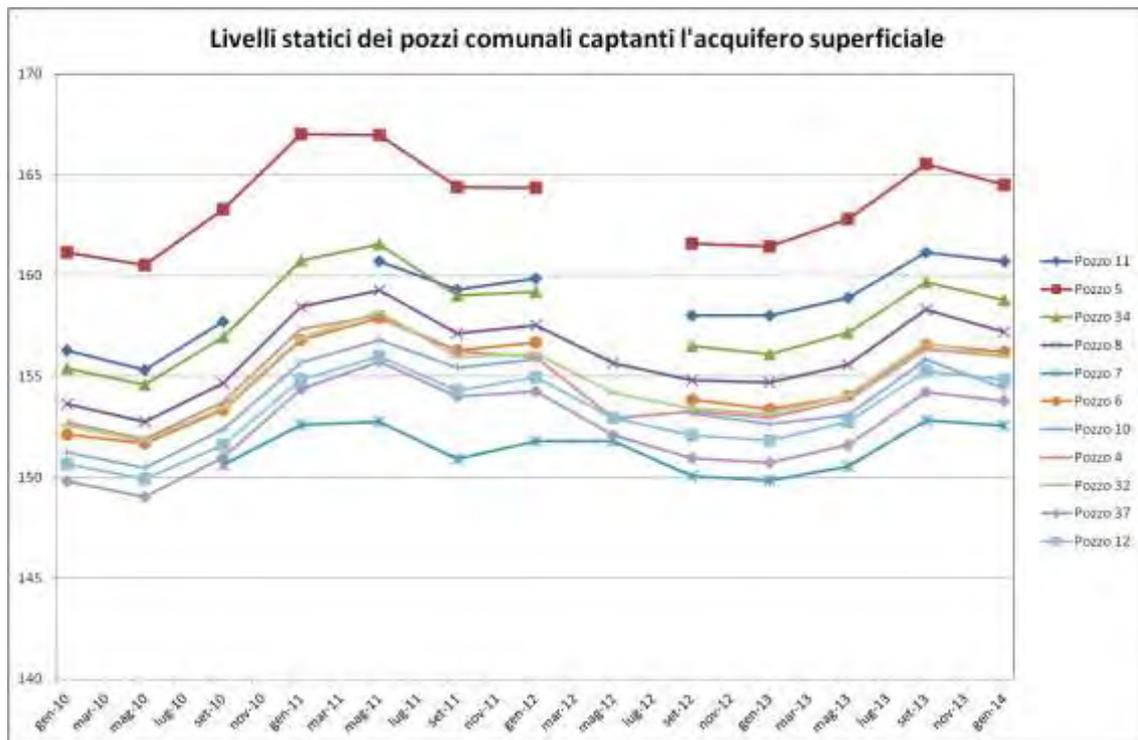


Il significativo innalzamento del livello di falda nel periodo 1976 – 1978 appare correlabile ai fenomeni esondivi del Fiume Lambro avvenuti nel 1976, che hanno comportato una notevole ricarica all'acquifero.

L'andamento generale della falda superficiale descritto sopra è confermato dai dati piezometrici rilevati da BrianzAcque nei pozzi di Lissone.

Il grafico riassume l'andamento geografico dei livelli statici dei pozzi dal settore nord verso quello sud, corrispondente a un verso idrogeologico monte-valle.

Analizzando i livelli, si evidenzia un leggero innalzamento della superficie freatica in questi ultimi mesi. L'andamento della falda risulta influenzato dall'andamento delle precipitazioni, più abbondanti in primavera e più scarse in inverno e estate, ma solo marginalmente, visto la scarsa fluttuazione dei livelli.



#### 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, sul Rapporto annuale 2012 sullo stato delle acque sotterranee della Provincia di Monza e Brianza effettuato da ARPA Dipartimento di Monza e Brianza 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. 2).

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

Lo stato chimico delle acque sotterranee del territorio della provincia di Monza e Brianza relativamente al periodo tra il 2009 e il 2012 è riassunto nel Rapporto annuale 2012 sullo stato delle acque sotterranee effettuato da ARPA Dipartimento di Monza e Brianza.

Dal punto di vista qualitativo, i dati riferiti al 2012 mostrano complessivamente un quadro idrochimico “stabile”, senza particolari evidenze di peggioramenti della risorsa idrica sotterranea. Tuttavia la classificazione dello stato chimico delle acque sotterranee indica complessivamente una qualità determinata da condizioni di inquinamento diffuso, generate dall'intensa urbanizzazione dell'area e dalla passata gestione incontrollata di scarichi civili, industriali e agricoli. Tale situazione riguarda indistintamente sia l'acquifero “superficiale”, contenente generalmente una falda libera e vulnerabile nella maggior parte del territorio, sia l'acquifero “profondo”, normalmente costituito da falde confinate e protette.

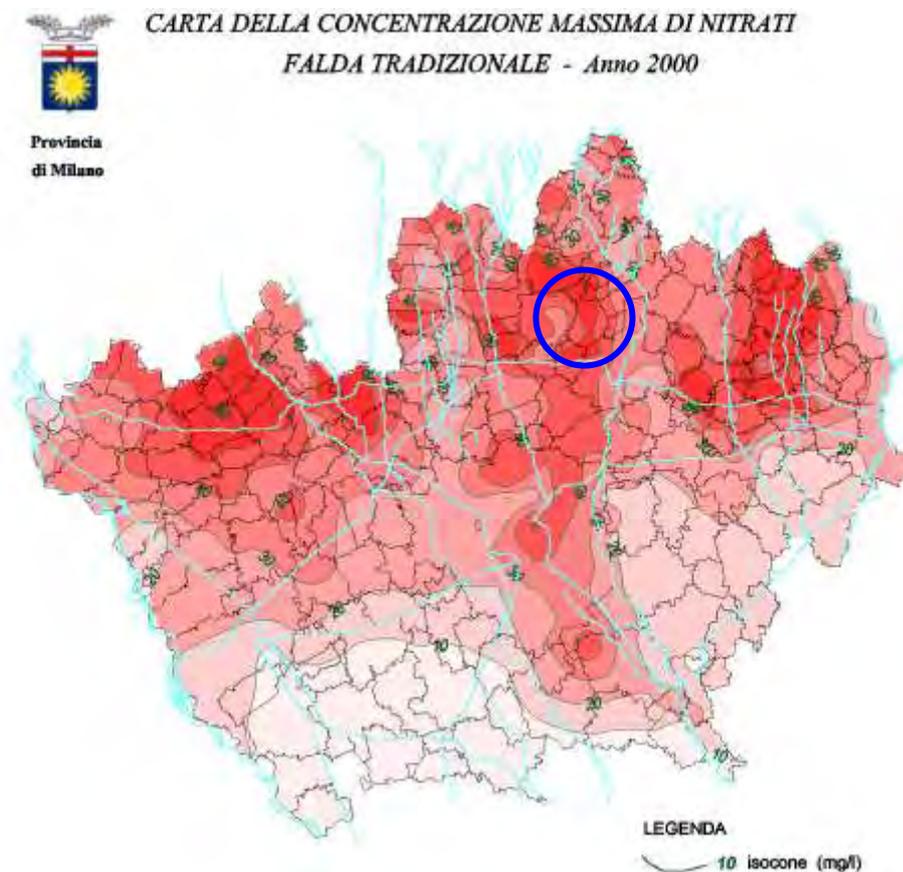
Per quanto riguarda Lissone, è stato monitorato il Pozzo 4 di Viale Martiri della Libertà. L'indice di "stato chimico delle acque sotterranee" (SCAS, in continuità con la classificazione prevista dal D.Lgs 152/99 e smi. – vedi paragrafo seguente) per il periodo indicato è il seguente:

ANNO	SCAS	CAUSE ATTENZIONE	CAUSE SCAS SCARSO
2009	Classe 3	Nitrati	
2010	Classe 4	Nitrati	Tetracloroetilene, Triclorometano
2011	Classe 4		Nitrati, Dibromoclorometano
2012	Classe 4		Tetracloroetilene, Nitrati

L'analisi di ARPA rileva che i solventi clorurati risultano presenti nelle aree della media pianura lombarda in modo diffuso al punto da costituire una vera e propria concentrazione di fondo. Ciò spesso non permette di riconoscere con precisione le differenti sorgenti di contaminazione e di definire geometricamente il pennacchio inquinante.

Per quanto riguarda, invece, la presenza di nitrati, viene confermata come critica l'area lissonese e Monza nord. I pozzi ad uso potabile del comune di Lissone sono localizzati infatti lungo le direttrici del flusso idrico sotterraneo contaminate da un *plume* ad alta concentrazione di nitrati orientato lungo la direttrice Seregno – Muggiò.

Tale problematica è stata già oggetto di studio da parte della Provincia di Milano. La figura seguente sintetizza l'andamento della concentrazione di nitrati nel 2000.



La presenza di composti azotati costituisce una delle principali forme di contaminazione delle acque sotterranee in tutta l'area di pianura. La contaminazione è dovuta prevalentemente a fattori di origine antropica quali dilavamento delle superfici agricole, smaltimento di reflui zootecnici, scarichi di reflui urbani e/o industriali e perdita da discariche. L'acquifero più interessato dalla presenza di nitrati è quello freatico, normalmente sfruttato ad uso idropotabile in ragione degli elevati valori di trasmissività dello stesso.

#### 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.

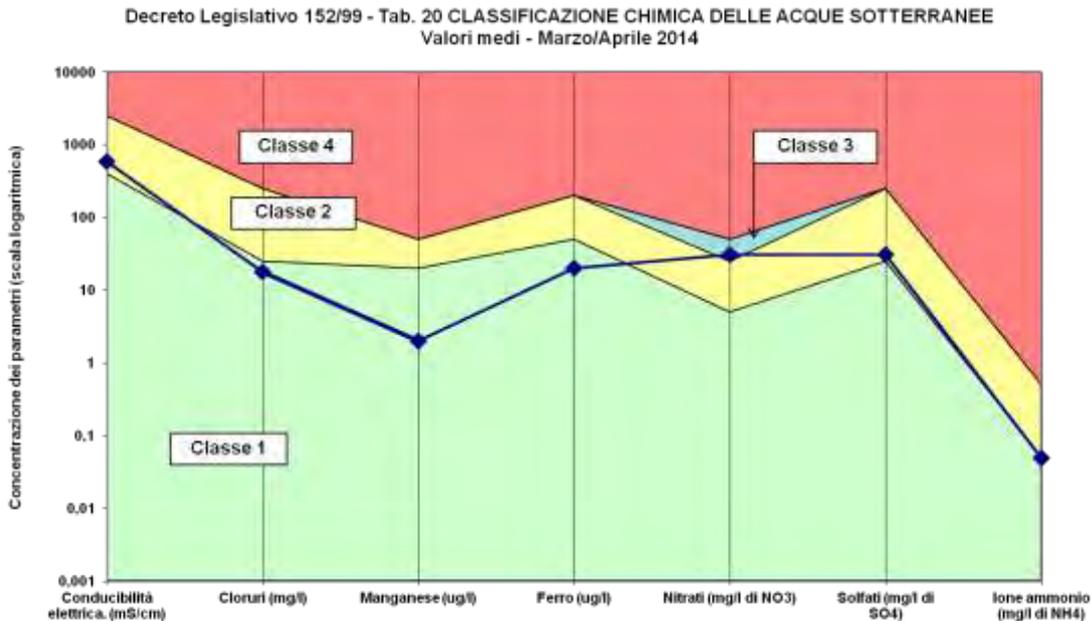
Vengono quindi individuate quattro classi che esprimono una stima dell'impatto antropico sulle acque sotterranee e ne definiscono le caratteristiche idrochimiche, valutate considerando le concentrazioni di 7 parametri di base o "macrodescrittori" (conducibilità, cloruri, solfati, nitrati, ferro, manganese, 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:

- distributori di carburanti;
- rete e collettore dei reflui fognari;
- aree con evidenza di attività di cava;
- aree cimiteriali;
- ospedali;
- strade di grande traffico;
- rete ferroviaria.

Dalla **Tav. 2** si osserva che in generale i pozzi dell'acquedotto comunale di Lissone sono inseriti aree intensamente edificate, anche con presenza di attività produttive di vario genere.

Nonostante ciò, non si rilevano situazioni di particolare criticità, fatta eccezione per i casi seguenti:

- pozzo n. 7 di Via N. Sauro: si segnala la presenza all'interno della Zona di Rispetto di un distributore di carburanti (Eni);
- pozzo n. 8 di V.le Martiri della Libertà: si segnala la presenza a ridosso della Zona di Tutela Assoluta di un distributore di carburanti (Tamoil);

Tali situazioni di criticità dovranno essere 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 (vedi tabella seguente).

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 **AII. 1** e nelle schede per il censimento delle opere di captazione degli **AII. 2**.

Numero pozzo	Codice SIF	Proprietà	Località	Criterio attuale di delimitazione della ZR
4	151230004	A.S.M.L.	V.le Martiri della Libertà	temporale (proposta)
5	151230005	A.S.M.L.	Via de Amicis	temporale (proposta)
6	151230006	A.S.M.L.	Via C. Battisti	temporale (già approvato)
7	151230007	A.S.M.L.	Via N. Sauro	temporale (proposta)
8	151230008	A.S.M.L.	V.le Martiri della Libertà	temporale (proposta)
10	151230010	A.S.M.L.	Via Volturmo	temporale (già approvato)
11	151230011	A.S.M.L.	Via Lombardia	temporale (proposta)
12	151230012	A.S.M.L.	Via Pacinotti	temporale (proposta)
32/33	151230032 151230033	A.S.M.L.	Via Lamarmora	temporale (proposta)
34/35	151230034 151230035	A.S.M.L.	Via S. Giorgio	temporale (proposta)
37/38	151230037 151230038	A.S.M.L.	V.le della Repubblica	temporale (proposta)

Le Zone di Rispetto dei pozzi n. 6 – via Battisti e n. 10 – via Volturmo sono 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. 8**).

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 degli altri 9 pozzi dell'acquedotto comunale. Tale ridelimitazione è stata sottoposta agli Enti competenti per l'approvazione ed è attualmente in istruttoria.

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 dall'asse della captazione).

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**).

Tutte le Zone di Rispetto dei pozzi dell'acquedotto comunale sono individuate in **Tav. 2**, dove sono stati riportati gli elementi idrogeologici e, con maggior dettaglio, in **Tav. 8**.

#### 4.7 Parametri idrogeologici dell'acquifero

Al fine della ridelimitazione delle Zone di Rispetto dei pozzi dell'acquedotto comunale (vedi paragrafo precedente), il Comune di Lissone ha commissionato l'effettuazione di prove ed elaborazioni specifiche sui pozzi interessati.

Nel presente paragrafo vengono riassunti i passaggi metodologici e le elaborazioni che hanno condotto alla proposta definitiva di ridelimitazione delle zone di rispetto (ZR) effettuata con criterio temporale.

Al fine di acquisire i parametri idrogeologici dell'acquifero sono state effettuate prove idrauliche di pompaggio a portata costante sui seguenti pozzi:

- n. 5 di Via De Amicis
- n. 8 di Viale Martiri della libertà
- n. 12 di Via Pacinotti
- 32/33 di Via Lamarmora
- n. 34/35 di Via San Giorgio
- 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. Successivamente 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.

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 (**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.

Pozzi in esercizio	Unità di misura	5 – Via De Amicis	8 – Viale Martiri della libertà	12 – Via Pacinotti	32/33 – Via Lamarmora	34/35 – Via San Giorgio	37/38 – Viale della Repubblica
Data	-	23/01/2014	30/06/2010	22/01/2014	22/01/2014	22/06/2010	30/06/2010
Durata prova	-	2h 15'	1h 30'	2h 12'	2h 40'	4h 30'	2h 30'
Portata	l/s	15	17,6	25	30	29,7	35
Abbassamento	m	0,57	1,62	1,48	0,25	2,46	2,01
Porosità efficace	adim.	0,2 (20%)	0,2 (20%)	0,2 (20%)	0,2 (20%)	0,2 (20%)	0,2 (20%)
Spessore acquifero	m	28,84	18,21	26,85	28,57	21,06	19
Gradiente falda	adim.	0,005 (5‰)	0,005 (5‰)	0,005 (5‰)	0,005 (5‰)	0,005 (5‰)	0,005 (5‰)
Direzione falda	gradi	201°	188°	201°	207°	191°	191°

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, 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.

Sono state confrontate sia le curve per falde di tipo non confinato con risposta elastica, applicabili ai dati ottenuti dalle fasi iniziali di una prova di pompaggio, sia le 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.

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]
5 – Via De Amicis	$1,183 \times 10^{-2}$	$4,101 \times 10^{-4}$
8 – V.le Martiri della libertà	$4,003 \times 10^{-3}$	$2,198 \times 10^{-4}$
12 – Via Pacinotti	$7,847 \times 10^{-3}$	$2,923 \times 10^{-4}$
32/33 – Via Lamarmora	$1,06 \times 10^{-2}$	$3,873 \times 10^{-4}$
34/35 – Via San Giorgio	$5,123 \times 10^{-3}$	$2,433 \times 10^{-4}$
37/38 – Viale della Repubblica	$6,322 \times 10^{-3}$	$3,327 \times 10^{-4}$

Si osserva che le 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.

#### **4.8 Aree di ricarica dell'acquifero**

Al fine di tutelare le risorse idriche sotterranee, in sintonia con il Programma di Tutela ed Uso delle Acque della Regione Lombardia, la Provincia, all'interno del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.), ha approfondito la perimetrazione delle aree di ricarica degli acquiferi.

Sul territorio provinciale è possibile riconoscere una porzione in cui la struttura del sottosuolo e la natura dei terreni affioranti consentono l'infiltrazione delle acque verso le falde idriche, ricaricando l'acquifero sottostante, anche grazie all'apporto dei corsi d'acqua naturali e artificiali (es Canale Villoresi).

L'area in questione è piuttosto estesa e corrisponde alla porzione di pianura asciutta compresa a Nord dal limite dei terrazzi pleistocenici e dagli apparati morenici più

antichi, a Ovest e a Est dal terrazzo che separa il livello fondamentale della pianura rispettivamente con la valle dell'Adda (vedi figura seguente).



**Individuazione delle aree di ricarica degli acquiferi – PTCP Provincia Monza e Brianza**

Il comune di Lissone è quasi totalmente interessato dall'area di ricarica dell'acquifero, così come riportato in **Tav. 2**.

Va rilevato che sovrapponendo le aree di ricarica e l'attuale uso del suolo si evince che le aree disponibili con elevata permeabilità sono quasi totalmente esaurite e frammentate, con conseguente riduzione progressiva delle proprietà di ricarica delle falde.

## 5. 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.

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

Regione Lombardia, già con la L.R. 1/2000, ha subdelegato ai Comuni le funzioni di **"Autorità Idraulica"** sui corsi d'acqua del **reticolo idrico minore (RIM)**, pertanto i Comuni hanno la responsabilità di identificare il reticolo di propria competenza, esercitare le funzioni di Polizia Idraulica e applicare i canoni per l'occupazione delle aree demaniali, provvedere alla manutenzione dei corsi d'acqua stessi.

I criteri per l'individuazione dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico principale e, per differenza, al reticolo idrico minore sono stati introdotti con la D.G.R. n. 7/7868/2002 e nel corso del successivo decennio sono stati aggiornati, approfonditi e integrati fino ad arrivare alla recente **D.G.R. n. 10/2591 del 31/10/2014 – Riordino dei reticoli idrici di Regione Lombardia e revisione dei canoni di polizia idraulica.**

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. 10/2591 del 31/10/2014 e seguendo i criteri indicati dalla medesima D.G.R. 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.**

## 6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – TECNICO

La classificazione del territorio su base geologico – tecnica e geopedologica ha seguito le indicazioni della D.G.R. 9/2616/11 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:

Codice identificativo	Ubicazione dell'area di indagine	Indagini geognostiche eseguite e relativa quantità	Profondità massima delle indagini [m]	Professionista o società incaricata
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:

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

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)*

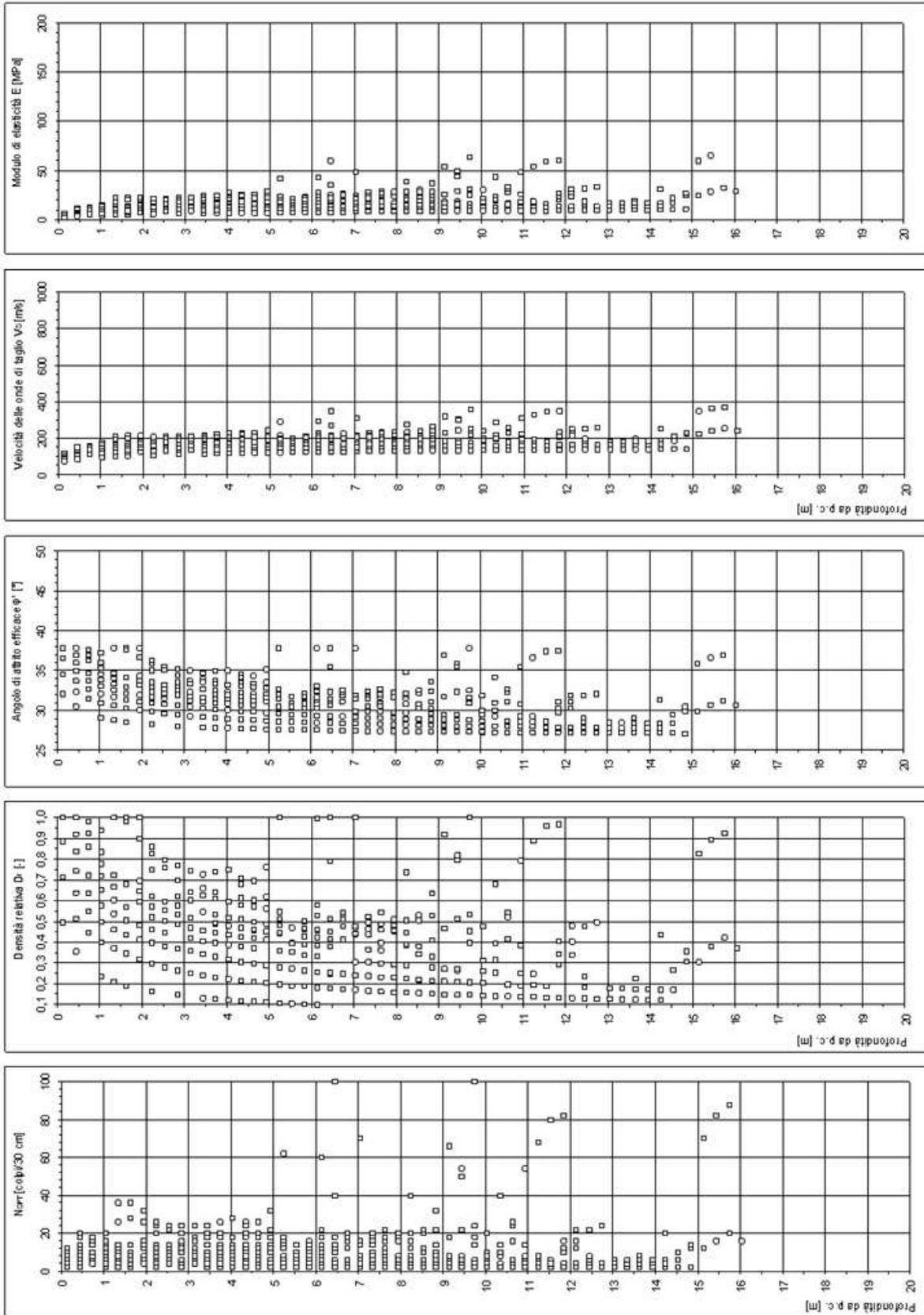
Resistenza alla penetrazione standard media	$N_{SPT}$	=	2÷3	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n$	=	17	kN/m <sup>3</sup>
Stato di addensamento		=	molto sciolto	
Densità relativa	$D_r$	=	0.05÷0.15	
Angolo d'attrito efficace	$\varphi'$	=	27÷28	° (gradi)
Coesione efficace	$c'$	=	0	kPa
Velocità 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

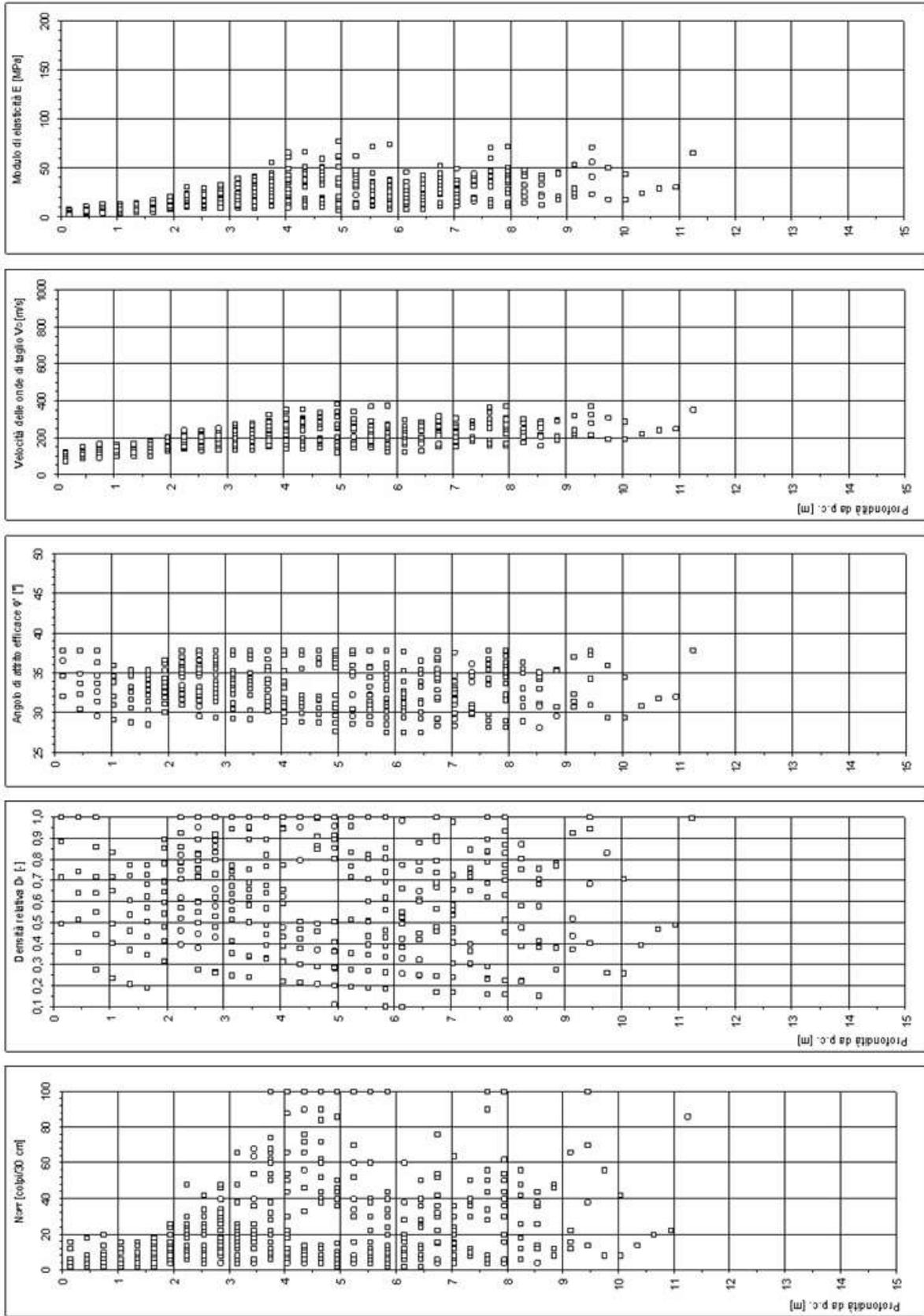
**UNITÀ LITOTECNICA C: sabbie e ghiaie debolmente limose**

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	$\phi'$	=	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	$\phi'$	=	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

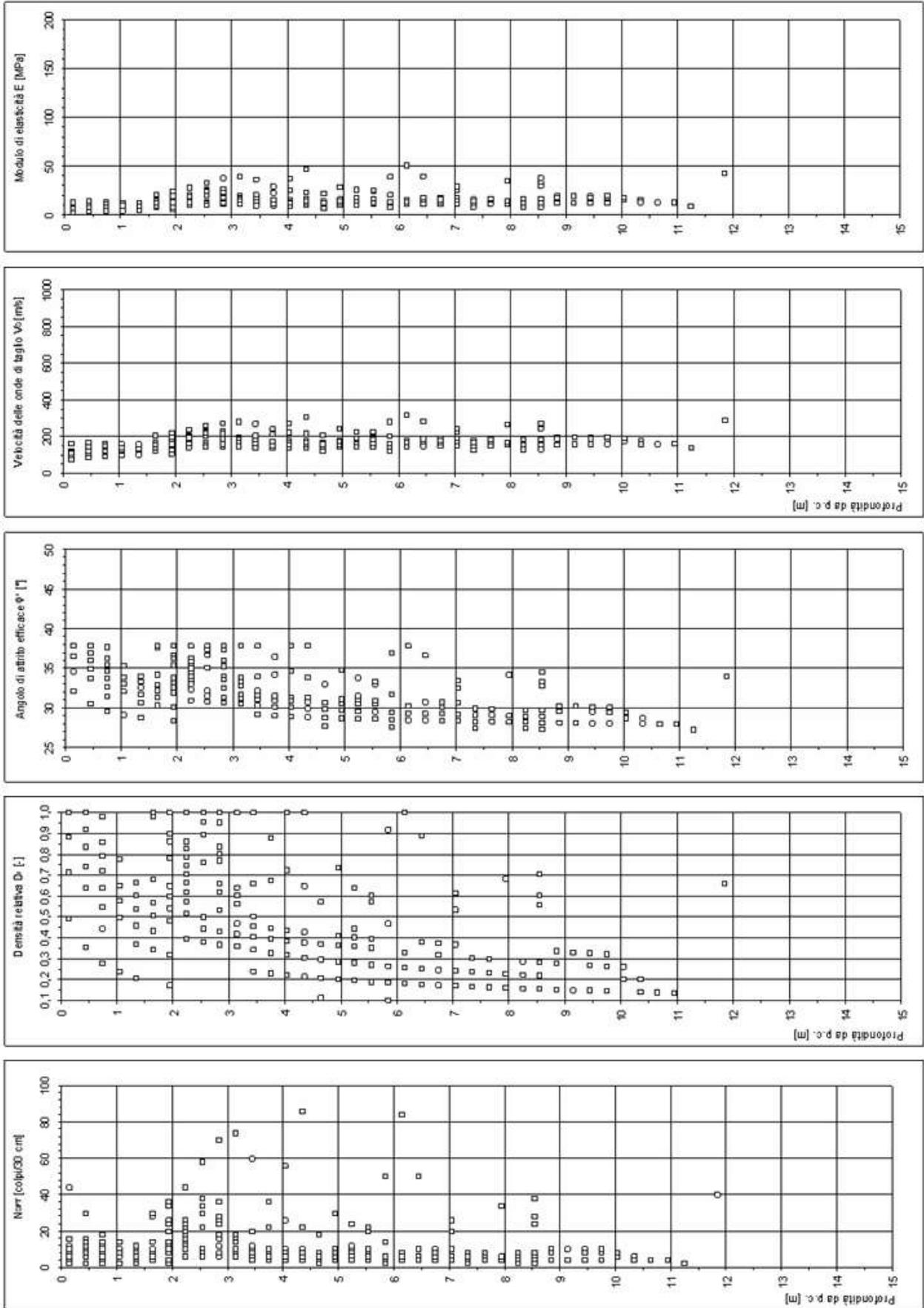
**UNITÀ LITOTECNICA C: sabbie e ghiaie debolmente limose**

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.



## 6.1 CARATTERI PEDOLOGICI

Le caratteristiche pedologiche sono il risultato del confronto fra le unità geologiche precedentemente descritte e le unità tassonomiche riportate nel progetto *Carta Pedologica* dell'ERSAF e pubblicate sul Geoportale della Regione Lombardia.

Le unità cartografiche riscontrabili sulla suddetta Carta Pedologica sono riportate nella seguente tabella.

Tali unità si collocano a cavallo tra il Livello Fondamentale della Pianura e il sistema dei terrazzi intermedi, rilevati rispetto al precedente.

U.C.	Classificazione USDA 1998		DESCRIZIONE
CDO1	Ultisuoli	Typic Hapludults loamy skeletal, mixed, superactive, mesic	I suoli CDO1 sono moderatamente profondi limitati da orizzonti a tessitura contrastante, scheletro comune fino a 50 cm abbondante al di sotto, con tessitura media, talvolta moderatamente fine in profondità, reazione subacida o acida, saturazione molto bassa, AWC moderata, drenaggio buono e permeabilità moderata. Il pedopaesaggio è quello dei terrazzi intermedi rilevati rispetto al livello fondamentale della pianura, con quota media di 208 m. slm e pendenza media pari al 0,4%. Il substrato è costituito da ciottoli e ghiaie mediamente alterate.
VLO1	Alfisuoli	Ultic Hapludalfs fine loamy, mixed, active, mesic	I suoli VLO1 sono molto profondi, su ghiaie sabbioso-ciottolose mediamente alterate, con scheletro da assente a scarso, a tessitura media, reazione subacida, talvolta neutra in profondità, saturazione bassa, AWC molto alta, con drenaggio buono e permeabilità moderatamente bassa. Il pedopaesaggio è quello delle superfici rappresentative modali e meglio conservate dei terrazzi intermedi caratterizzate da una morfologia subpianeggiante regolare con quota media di 196 m. slm e pendenza media dell'1%, con suoli sviluppatasi su substrati ghiaiosi a matrice sabbiosa mediamente alterati.
MOO1	Inceptisuoli	Typic Dystrudepts loamy skeletal, mixed, superactive, mesic	I suoli MOO1 sono molto profondi, su substrato ghiaioso calcareo, scheletro abbondante, a tessitura moderatamente grossolana, con reazione acida in superficie, subacida in profondità, saturazione molto bassa, AWC bassa, con drenaggio moderatamente rapido e permeabilità moderatamente elevata. Il pedopaesaggio di appartenenza è quello dell'alta pianura ghiaiosa, sulla superficie modale del livello fondamentale della pianura, con quota media di 193 m. slm e pendenza media del 0,3%. Il substrato è costituito da sabbie argillose con ghiaia scarsamente calcaree. La pietrosità superficiale è da moderata a elevata.

Continua a pagina seguente

SAM1	Alfisuoli	Typic Hapludalfs coarse loamy, mixed, active, mesic	I suoli SAM1 sono molto profondi, su substrato sabbioso con ghiaia abbondante, calcareo, con scheletro scarso fino a 80 cm, abbondante al di sotto, a tessitura media o moderatamente grossolana, con reazione subacida, saturazione da media ad alta, AWC moderata, sono suoli non calcarei, con drenaggio buono e permeabilità moderata. Il pedopaesaggio è quello della superficie rappresentativa dell'alta pianura ghiaiosa a morfologia subpianeggiante e con evidenti tracce di paleoidrografia a canali intrecciati, con quota media di 179 m. s.l.m. e pendenza media del 0,3%, con substrati sabbiosi limosi con ghiaia, calcarei.
------	-----------	-----------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 6.2 GRADO DI SUSCETTIVITÀ AL FENOMENO DEGLI "OCCHI POLLINI"

Come già indicato in precedenza, data la particolare rilevanza sul territorio brianteo del fenomeno degli "occhi pollini", nell'ambito della redazione del PTC provinciale, è stato eseguito uno specifico approfondimento, *Difesa del suolo. I geositi e il fenomeno degli occhi pollini* (Tomasi, 2011), che ha portato ad una suddivisione del territorio sulla base del grado di suscettività a tale fenomeno.

In **Tav. 4** è stato riportato il suddetto azzonamento, così come rilevato nella Tavola n. 8 del P.T.C. provinciale "Assetto idrogeologico".

La suddivisione proposta fa riferimento soprattutto alle "cavità in depositi non cementati", cioè le cavità di maggiori dimensioni che più possono interferire con le attività antropiche (**Par. 3.4**) e nasce dall'incrocio dei fattori ritenuti come predisponenti o innescanti il fenomeno con la ricostruzione delle caratteristiche geologiche del sottosuolo.

Il fattore fondamentale per la formazione di cavità è la presenza nel sottosuolo di conglomerato. Ad esso si sommano altri fattori quali la presenza di depositi alterati poco permeabili direttamente sovrastanti i conglomerati e la geometria a grande scala del conglomerato (paleo valli sepolte con probabile presenza di sistemi di fratture nel conglomerato).

La suddivisione riconosce pertanto 5 gradi crescenti di suscettività, da "molto basso-nullo" a "molto alto".

Aree con suscettività molto alta: aree con presenza di conglomerati nel sottosuolo, comprese in una fascia di 1 km dal ciglio di paleovalle o valle, con depositi molto alterati e alterati a diretto contatto con il conglomerato stesso e costituenti l'attuale superficie topografica o coperti da spessori ridotti di depositi più recenti con medio basso grado di alterazione.

Aree con suscettività alta: aree con presenza di conglomerati nel sottosuolo, con depositi molto alterati e alterati a diretto contatto con i conglomerati e costituenti l'attuale superficie topografica o coperti da spessori ridotti di depositi più recenti con medio basso grado di alterazione.



In base ai dati geotecnici e stratigrafici raccolti per il presente studio, sul territorio si individuano due macrozone con una diversa frequenza di rinvenimento di cavità sepolte: una caratterizzata dalla presenza di depositi maggiormente alterati e con una maggior presenza di cavità sepolte, l'altra caratterizzata dalla presenza di depositi meno alterati e una minor presenza di cavità sepolte.

Tuttavia l'individuazione tramite indagini geotecniche non è facile: le prove penetrometriche sebbene consentano di definire molto bene le profondità a cui si aprono gli occhi pollini, di fatto la distanza alla quale le prove sono normalmente eseguite non consentono una correlazione.

Pertanto la maggior o minor frequenza di rinvenimento delle cavità sepolte può essere legata anche ad altri fattori quali la densità areale di indagini, la massima profondità raggiunta dalle stesse e le dimensioni delle stesse cavità.

### **6.3 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), perimetrato in base al Catasto Regionale Cave e al rilievo fotogrammetrico comunale (**All. 5**);
- 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.

## 7. IL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AL GAS RADON

### 7.1 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.

Nel 2009 – 2010 è stata effettuata una nuova campagna di misura, condotta al fine di migliorare e approfondire le conoscenze sulla distribuzione territoriale del radon indoor negli edifici lombardi.

Anche in questo caso il piano di campionamento è stato discusso e concordato con la DG Sanità della Regione Lombardia e con l'Istituto Superiore di Sanità (ISS).

Sono stati definiti cinque obiettivi, tra i quali la valutazione della rappresentatività della precedente campagna di monitoraggio (2003/2004), il confronto tra le concentrazioni di radon in locali a diversi piani di un edificio, il miglioramento delle informazioni spaziali sul territorio e un confronto, in merito all'analisi dei dati, tra l'approccio geostatistico recentemente introdotto in questo ambito, con quello statistico tradizionale.

Per ognuno degli obiettivi è stato definito un piano di campionamento specifico e, in totale, sono state misurate circa altre 1.000 unità immobiliari dislocate in 7 province della regione (Bergamo, Brescia, Lodi, Mantova, Milano, Sondrio e Varese).

Da questa migliore conoscenza del territorio, tramite delle tecniche geostatistiche e di previsione spaziale, è stato possibile produrre una mappa della concentrazione media di *radon indoor* in locali al piano terra.

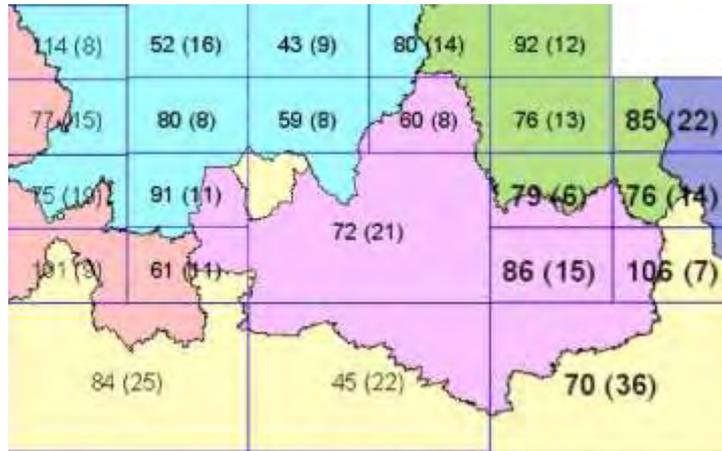
## **7.2 Riferimenti normativi**

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>.

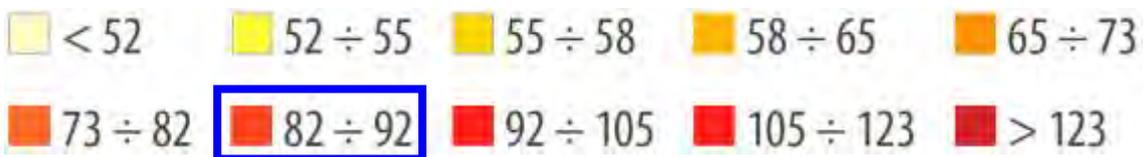
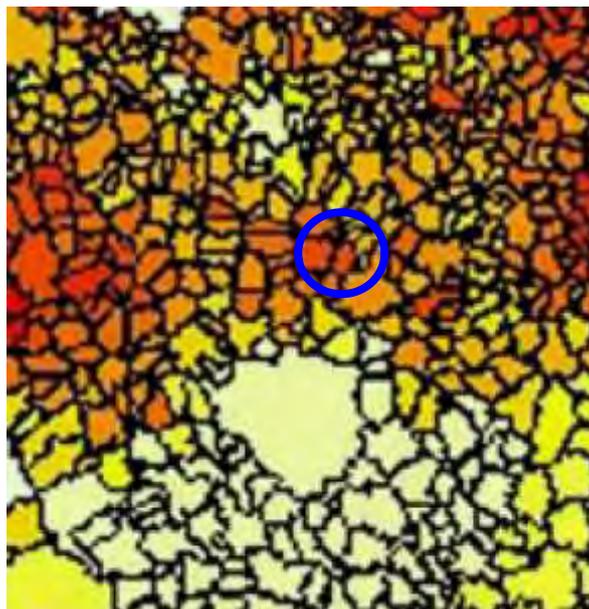
Per quanto riguarda invece la regolamentazione dell'esposizione al radon nelle abitazioni private, il più solido riferimento è rappresentato dalla raccomandazione dell'Unione Europea 90/143/EURATOM, che fornisce indicazioni precise circa il valore oltre cui intraprendere azioni di risanamento per le 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.

## **7.3 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 durante la campagna 2003 – 2004 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.



La figura sottostante, invece, è un estratto della mappa della concentrazione media di radon indoor in Lombardia per comune, per locali posti al piano terra, ottenuta con tecniche geostatistiche a partire dai dati di entrambe le campagne.



I valori in Bq/m<sup>3</sup> riferibili al territorio di Lissone sono stati rivisti, passando da 72 Bq/m<sup>3</sup> a un range di 82 – 92 Bq/m<sup>3</sup>.

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.

## 8. ANALISI DELLA SISMICITA' DEL TERRITORIO

### 8.1 ASPETTI NORMATIVI E METODOLOGICI

Con la D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616, la Regione Lombardia ha ulteriormente 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 nelle precedenti D.G.R. n. 8/1566/05 e n. 8/7374/08.

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

- della mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale contenuta nella OPCM n. 3519 del 28 aprile 2006 "*Criteri generali per l'identificazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*";
- della nuova classificazione del territorio comunale di Lissone in Zona Sismica 3 ai sensi della D.G.R. 11 luglio 2014 n. 10/2129 "*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)*";
- 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*) e successivamente la **procedura di II livello** nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione, per la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi.

Per i comuni ricadenti in Zona sismica 3 come Lissone, infatti, l'applicazione dei livelli di approfondimento è così regolata (D.G.R. 9/2616/11):

- *livello I – riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica*: è obbligatorio in fase pianificatoria per tutti i comuni lombardi e rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione.
- *livello II – caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi*: si applica in fase pianificatoria nelle zone di pericolosità sismica locale suscettibili di amplificazioni topografiche e/o litologiche (*PSL Z3 e Z4*) se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili;
- *livello III – caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi*: 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*).

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. 9/2616/11 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>Z2a</b>	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, etc.)	Cedimenti
<b>Z2b</b>	Zone con depositi granulari fini saturi	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

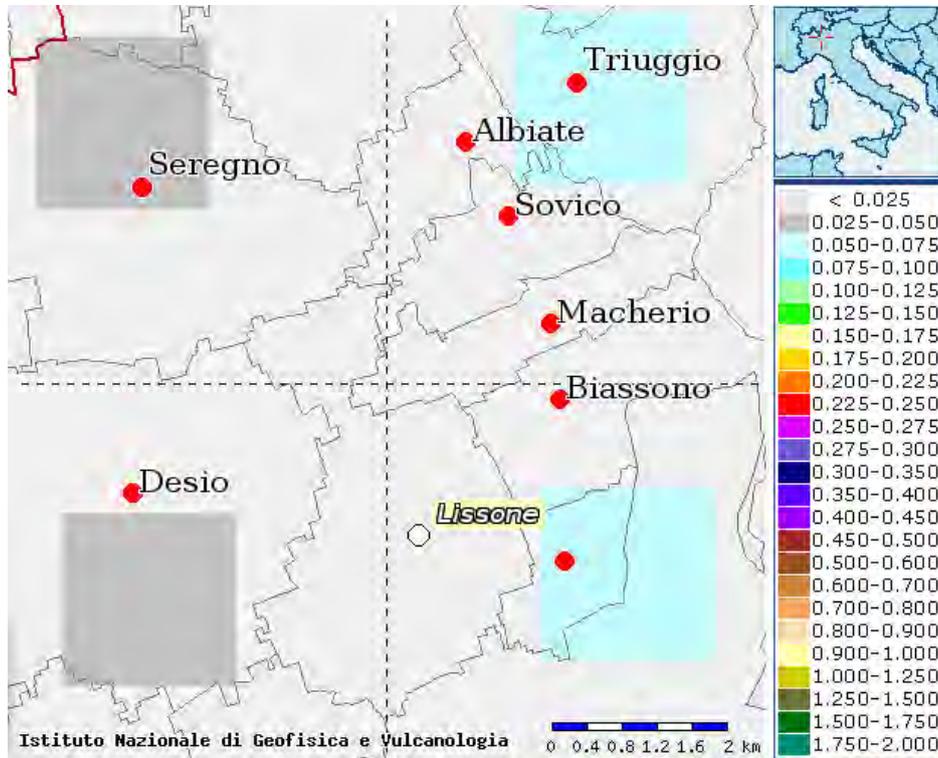
Ai fini dell'individuazione dei possibili scenari di pericolosità sismica locale elencati in tabella, si sono analizzati criticamente i dati geologici e geotecnici acquisiti nell'ambito del presente studio e descritti nei capitoli precedenti.

## 8.2 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL TERRITORIO COMUNALE

Con riferimento al D.M. 14/01/08 *Norme tecniche per le costruzioni* la sismicità di base del territorio comunale di Lissone è definibile in funzione del valore assunto dall'accelerazione massima attesa su suolo rigido per eventi con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni definita nella tabella 1 allegata al citato D.M. in corrispondenza dei nodi di un reticolo di riferimento nazionale mostrato nella figura sottostante per l'area in esame.

In particolare i valori di scuotimento relativi ai quattro nodi utilizzabili per la definizione del valore medio significativo per il territorio in esame sono mostrati nella seguente tabella unitamente ai parametri di base che definiscono lo spettro di risposta elastico:

<i>ID Punto</i> [-]	<i>Coord. Nord</i> [°]	<i>Coord. Est</i> [°]	$a_{g(475)}$ [g]	$F_{o(475)}$ [-]	$T_c^{*(475)}$ [s]
11373	45,6591	9,2028	0,049	2,637	0,278
11374	45,6615	9,2743	0,054	2,618	0,278
11595	45,6091	9,2066	0,050	2,636	0,278
11596	45,6116	9,2778	0,055	2,623	0,279



Sulla base dei dati sopra indicati è possibile definire un valore medio valido nell'ambito del territorio esaminato ai soli fini pianificatori ed amministrativi mentre per la definizione delle azioni sismiche a livello progettuale occorrerà definire puntualmente le azioni sismiche come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame adottando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in esame ed i vertici considerati. Nel caso in esame si ottengono i seguenti valori medi dei parametri sismici di base:

$a_{g(475)}$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
0.052	2.629	0.279

L'accelerazione massima ( $a_{g,max}$ ) indicata nella D.G.R. 10/2129/14 per il Comune di Lissone è pari a 0,053164.

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  $V_{s30}$  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. *Depositati 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:**

$$V_S = 130.9 + 23.6 \ln Z \quad \text{per } Z < 3 \text{ m}$$

$$V_S = 185.2 + 12.5 Z \quad \text{per } 3 \text{ m} \leq Z < 6 \text{ m}$$

$$V_S = 130.8 + 8.6 Z \quad \text{per } 6 \text{ m} \leq Z < 11 \text{ m}$$

$$V_S = 192.9 + 12.4 Z \quad \text{per } Z \geq 11 \text{ m}$$

**ZONA GEOLOGICO TECNICA A-B:**

$$V_S = 139.6 + 15.7 \ln Z \quad \text{per } Z < 2 \text{ m}$$

$$V_S = 176.5 + 7.4 Z \quad \text{per } 2 \text{ m} \leq Z < 4 \text{ m}$$

$$V_S = 151.1 + 2.6 Z \quad \text{per } 4 \text{ m} \leq Z < 12 \text{ m}$$

$$V_S = 256.6 + 2.3 Z \quad \text{per } Z \geq 12 \text{ m}$$

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.

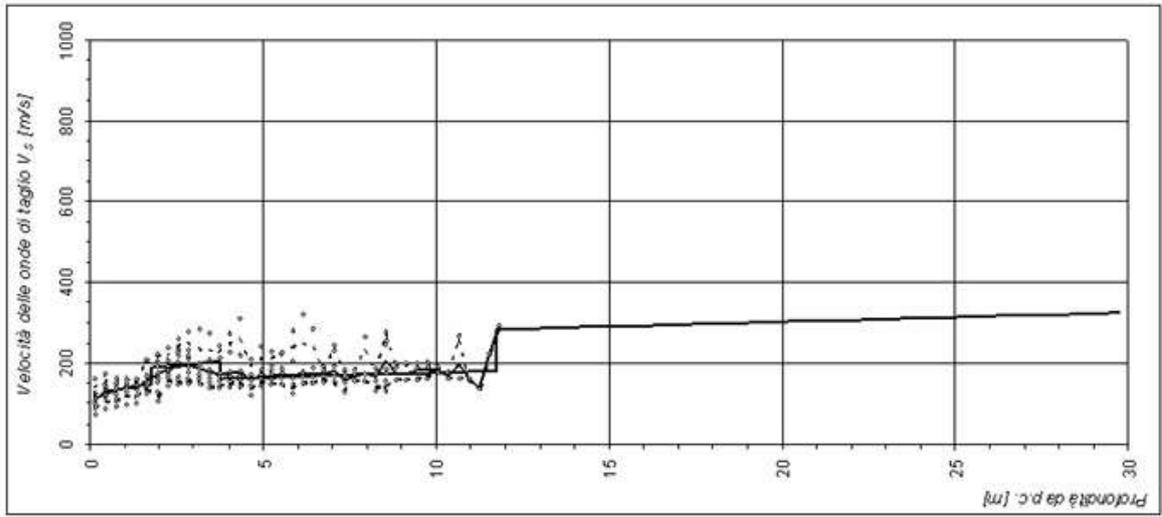
Pertanto, al fine di definire con maggior precisione il valore medio delle  $V_{S30}$  nelle aree di maggior interesse urbanistico, nell'ambito del precedente aggiornamento della componente geologica, sono state effettuate quattro misurazioni in sito mediante analisi multicanale delle onde superficiali (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. 8.2.1.**

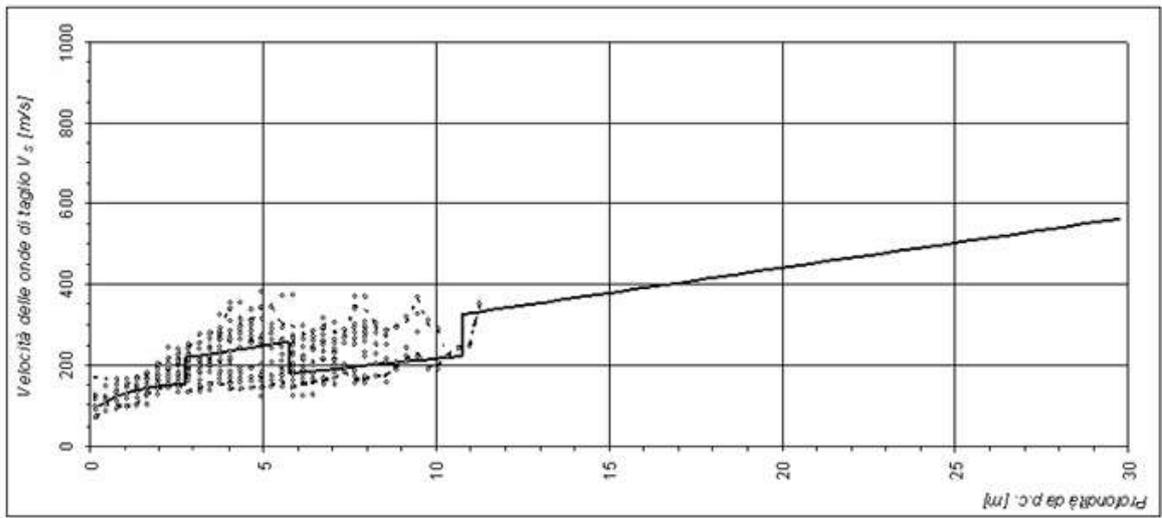
Le aree omogenee così individuate sono descritte di seguito, ciascuna con un'indicazione media della categoria di suolo di fondazione:

- (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;*

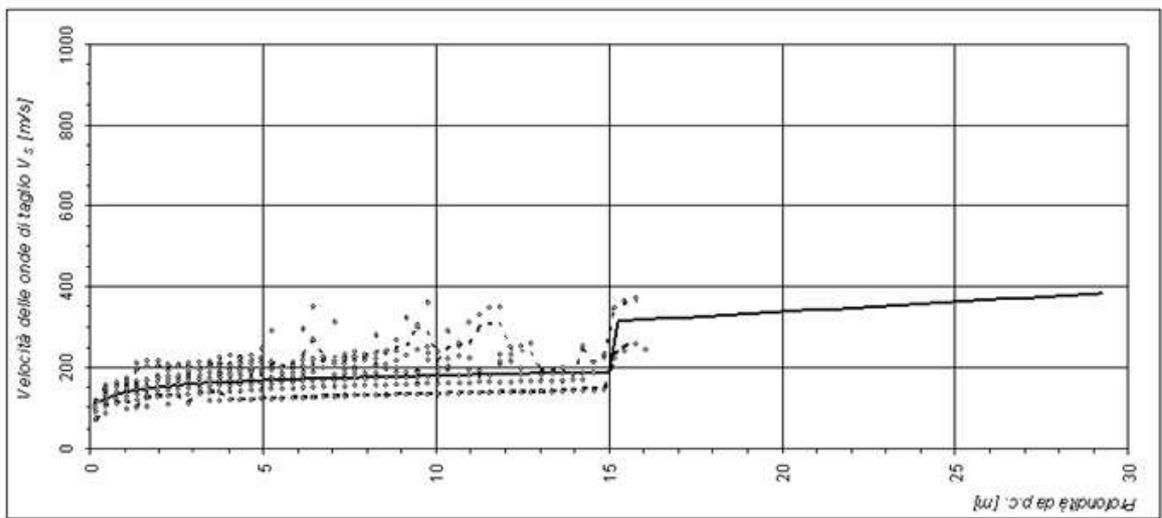
ZONA A-B



ZONA B



ZONA A



## 8.2.1 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  $V_s$ , da cui ricavare il parametro  $V_{s30}$ . Il parametro  $V_{s30}$ , 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.

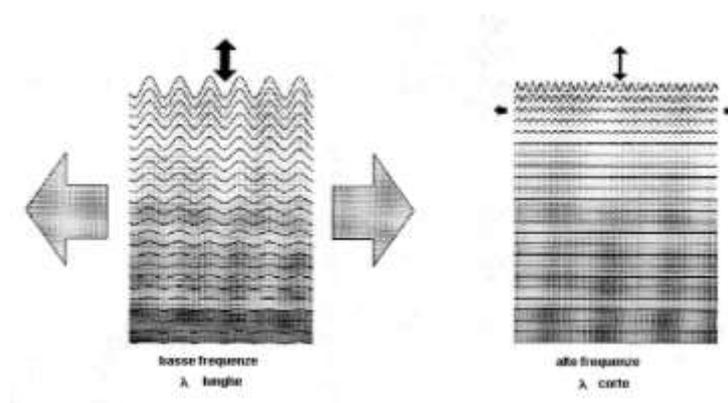
L'ubicazione degli stendimenti è riportata in **Tav. 6**, mentre le schede riassuntive delle prove sono contenute in **All. 6**.

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

La determinazione delle  $V_{s30}$  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 registrarlo 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.

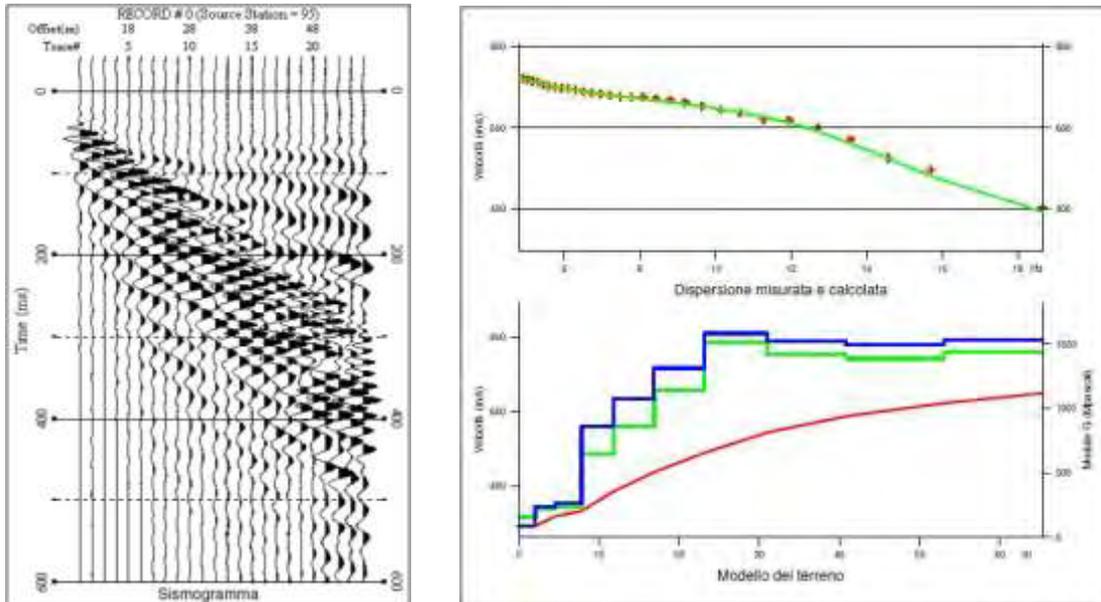
L'analisi MASW può fornire risultati con un buon grado di attendibilità anche impiegando solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a

bassa frequenza (<10Hz). L'impiego di due stendimenti costituiti da 12 geofoni contribuisce ad ottimizzare ulteriormente i risultati.

### 8.2.1.2 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:

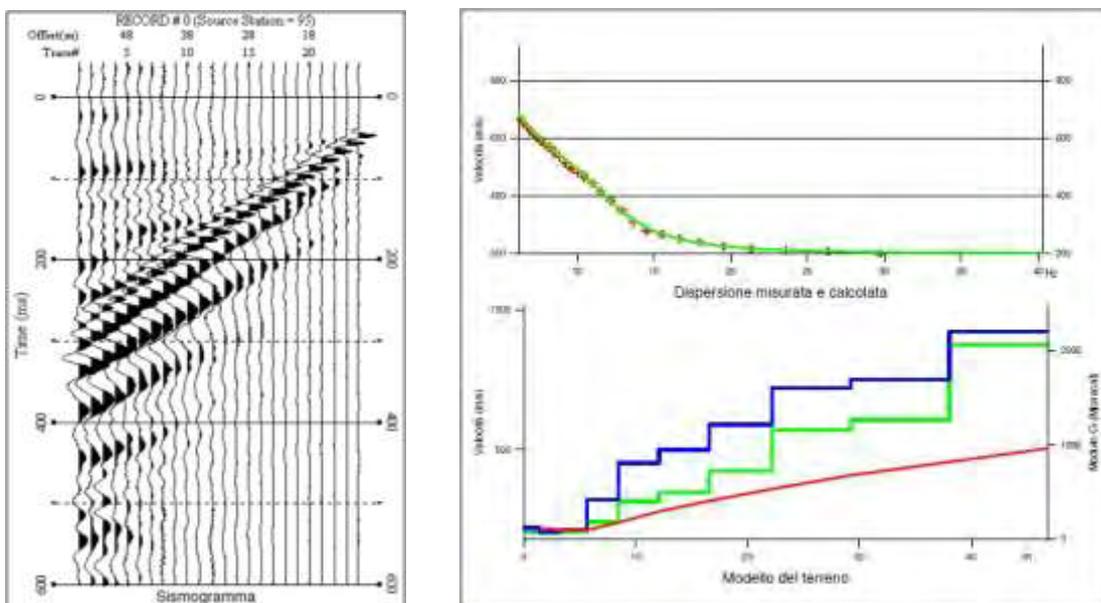
<b>Tabella di calcolo Vs30</b>			
<i>Da profondità</i>	<i>A profondità</i>	<i>Vs</i>	<i>Hi/Vi</i>
0	2.1	295	0.007
2.1	4.6	347	0.0074
4.6	7.8	356	0.009
7.8	11.9	561	0.0072
11.9	16.9	636	0.0079
16.9	23.2	718	0.0088
23.2	31	810	0.0097
31	40.8	788	0.0124
40.8	53.1	781	0.0157
53.1	65.3	793	0.0155

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  $V_{S30}$  pari a **539 m/s**, corrispondenti a terreni di **tipo B**.

MASW 2 – VIA PIERMARINI/VIA CANONICA



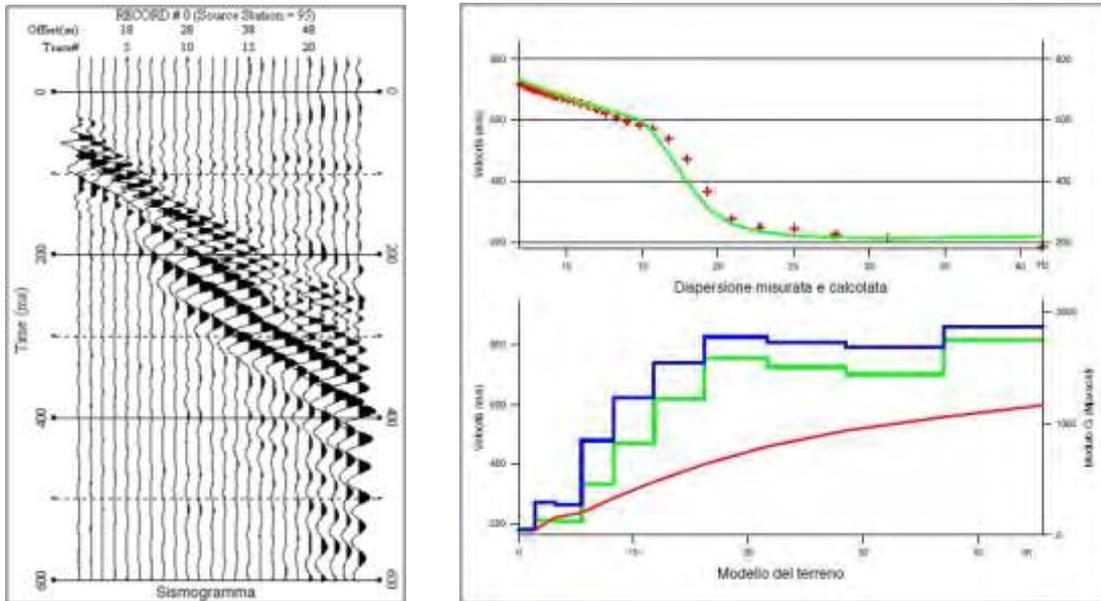
Sismogramma registrato, curva di dispersione e modello Vs del terreno  
(MASW2 Lissone – Via Piremarini/Via Canonica)

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

Tabella di calcolo Vs30			
Da profondità	A profondità	Vs	Hi/Vi
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**, corrispondenti a terreni di **tipo B**.

**MASW 3 – VIALE DELLE INDUSTRIE**



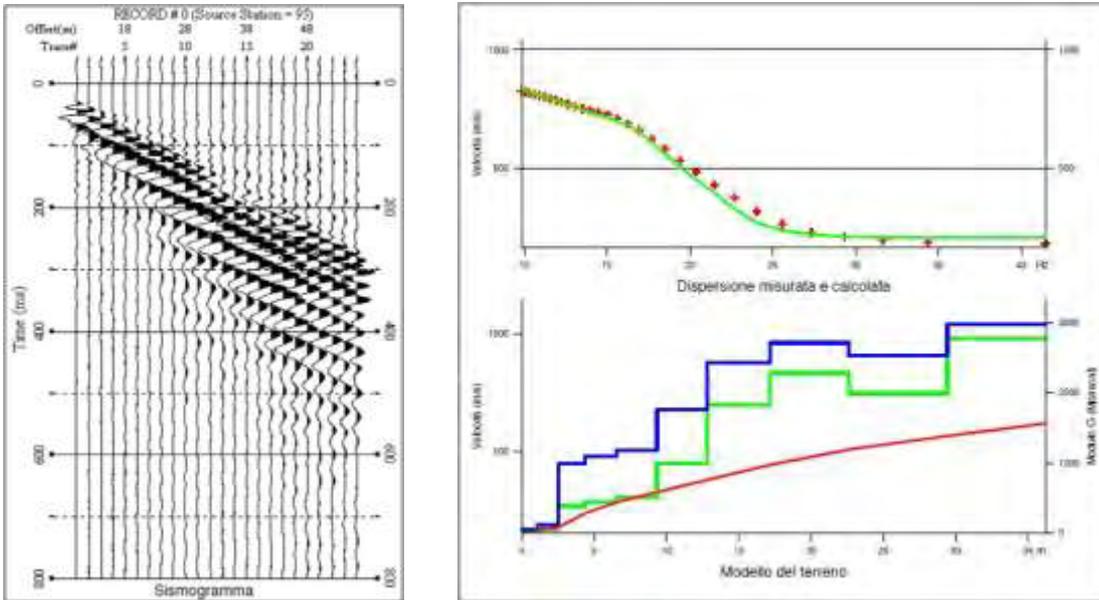
Sismogramma registrato, curva di dispersione e modello Vs del terreno  
 (MASW3 Lissone – Viale delle Industrie)

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**, corrispondenti a terreni di **tipo B**.

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:

Tabella di calcolo Vs30			
Da profondità	A profondità	Vs	Hi/Vi
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**, corrispondenti a terreni di **tipo B**.

\*\*\*\*\*

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.

### **8.3 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.

#### **Z2a – Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)**

Si tratta di ambiti estrattivi dismessi:

- area ex cava Checchin (R237/g/MI) sita nel settore settentrionale del territorio comunale di Lissone, presso C.na Bini, 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 (ATEg13), 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 Z2a oggetto di ritombamento, dove, in considerazione delle non note caratteristiche geotecniche dei materiali di riempimento allocati, sono prevedibili comportamenti difforni 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.

**8.4 CARATTERIZZAZIONE SEMI-QUANTITATIVA DEGLI EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE ATTESI – ANALISI DI LIVELLO II**

L'analisi di livello II fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di Fattore di amplificazione (Fa) e si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche.



In base alla D.G.R. 9/2616/11, per i Comuni ricadenti in Zona sismica 3, come Lissone, l'analisi di livello II è obbligatoria in fase di pianificazione nelle Zone di Pericolosità sismica Locale Z3 o Z4 interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.

Come indicato nel paragrafo precedente, tutto il territorio comunale ricade in zona Z4a, passibile di amplificazioni litologiche.

Inoltre, come è possibile osservare nella figura a fianco, il Comune di Lissone risulta quasi completamente urbanizzato, al netto dell'area del bosco urbano e di altre piccole porzioni di territorio agricolo. Date le suddette caratteristiche, l'analisi

di livello II verrà estesa all'intero territorio comunale.

Il territorio comunale è caratterizzato dalla presenza di depositi fluvioglaciali costituiti da terreni granulari sabbioso ghiaiosi da mediamente a poco alterati, con stato di addensamento da sciolto a medio in superficie fino ad addensato in profondità. (Tav. 4 e Cap. 6).

Inoltre, localmente sono presenti livelli cementati negli intervalli di profondità compresi tra 3 e 6 m e oltre gli 11 m e cavità che si riscontrano nei primi 15 m circa di profondità.

L'analisi di secondo livello è stata effettuata partendo dalle stratigrafie sismiche delle MASW, integrate con le stratigrafie (i primi 30 m) dei pozzi per acqua presenti sul territorio. Le stratigrafie utilizzate per le successive elaborazioni sono sinteticamente nelle pagine seguenti.

#### MASW 1 – VIA BELTRAME

<i>strato</i> (n)	<i>spessore</i> m	<i>profondità</i> m	<i>velocità</i> m/s
1	2,1	2,1	295
2	2,5	4,6	347
3	3,2	7,8	356
4	4,1	11,9	561
5	5,0	16,9	636
6	6,3	23,2	718
7	7,8	31,0	810
8	9,8	40,8	788
9	12,3	53,1	781
10	12,2	65,3	793

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

<i>strato</i> (n)	<i>spessore</i> m	<i>profondità</i> m	<i>velocità</i> m/s
1	1,5	1,5	222
2	1,8	3,3	208
3	2,3	5,6	214
4	2,9	8,5	322
5	3,6	12,1	454
6	4,5	16,6	500
7	5,6	22,2	590
8	7,0	29,2	721
9	8,8	38,0	750
10	8,8	46,8	923

#### MASW 3 – VIALE DELLE INDUSTRIE

<i>strato</i> (n)	<i>spessore</i> m	<i>profondità</i> m	<i>velocità</i> m/s
1	1,4	1,4	180
2	1,8	3,2	272
3	2,3	5,5	263
4	2,8	8,3	480
5	3,5	11,8	621
6	4,4	16,2	738
7	5,4	21,6	826
8	6,9	28,5	808
9	8,6	37,1	793
10	8,5	45,6	861

#### MASW 4 – VIA PEROSI

<i>strato</i> (n)	<i>spessore</i> m	<i>profondità</i> m	<i>velocità</i> m/s
1	1,1	1,1	164
2	1,5	2,6	184
3	1,7	4,3	446
4	2,3	6,6	477
5	2,8	9,4	504
6	3,4	12,8	678
7	4,4	17,2	878
8	5,4	22,6	963
9	6,8	29,4	910
10	6,8	36,2	1044

**POZZO 2**

strato (n)	litologia	spessore m	profondità m	velocità m/s
1	ghiaia e argilla	5,9	5,9	260
2	conglomerato	9,1	15,0	650
3	conglomerato compatto	7,0	22,0	800
4	conglomerato duro	3,0	25,0	850
5	conglomerato fessurato	5,0	30,0	850

**POZZO 4**

strato (n)	litologia	spessore m	profondità m	velocità m/s
1	ghiaia con sabbia argillosa	2,0	2,0	180
2	conglomerato fessurato	2,0	4,0	200
3	ghiaia compatta con strati di conglomerato	2,0	6,0	250
4	conglomerato con strati di ghiaia	6,0	12,0	550
5	conglomerato compatto	5,0	17,0	700
6	ghiaia grossolana con ciottoli	8,0	23,0	800
7	arenaria	1,0	24,0	850
8	ghiaia grossolana con ciottoli	5,0	29,0	850
9	ghiaia con sabbia grossa e qualche ciottolo	1,0	30,0	850

**POZZO 6**

strato (n)	litologia	spessore m	profondità m	velocità m/s
1	terreno di riporto	3,0	3,0	180
2	ghiaia e argilla	1,2	4,2	200
3	conglomerato	11,3	15,5	650
4	ghiaia compatta con lenti di conglomerato	5,0	20,5	750
5	ghiaia e ciottoli	3,5	24,0	800
6	ghiaia, sabbia e ciottoli con lenti di cong.	3,5	27,5	850
7	ghiaia, sabbia e ciottoli	2,5	30,0	800

**POZZO 8**

strato (n)	litologia	spessore m	profondità m	velocità m/s
1	terreno vegetale	1,0	1,0	180
2	conglomerato	9,0	10,0	450
3	conglomerato	5,0	15,0	650
4	conglomerato	5,0	20,0	750
5	conglomerato	5,0	25,0	850
6	conglomerato	5,0	30,0	800

**POZZO 10**

strato (n)	litologia	spessore m	profondità m	velocità m/s
1	alternanze di conglomerato sabbia e ghiaia	10,0	10,0	450
2	alternanze di conglomerato sabbia e ghiaia	5,0	15,0	650
3	alternanze di conglomerato sabbia e ghiaia	5,0	20,0	750
4	alternanze di conglomerato sabbia e ghiaia	2,0	22,0	800
5	ghiaia pulita	8,0	30,0	800

**POZZO 12**

strato (n)	litologia	spessore m	profondità m	velocità m/s
1	argilla con ghiaia	1,5	1,5	180
2	ghiaia con argilla e ciottoli	3,5	5,0	200
3	conglomerato	4,0	9,0	400
4	conglomerato compatto con strati fessurati	8,0	15,0	600
5	cepo compatto	3,0	18,0	700
6	ghiaia con poca sabbia ciottoli	2,5	20,5	750
7	conglomerato	2,5	23,0	850
8	ghiaia e ciottoli con poca sabbia	4,0	27,0	800
9	conglomerato con strati di ghiaia e ciottoli	3,0	30,0	900

**POZZO F. LLI CORTI**

strato (n)	litologia	spessore m	profondità m	velocità m/s
1	argilla e ghiaia	3,0	3,0	200
2	ghiaia	5,0	8,0	400
3	ghiaia e piccoli strati di conglomerato	19,0	27,0	800
4	ghiaia e sabbia grossa	3,0	30,0	850

**POZZO 3**

strato (n)	litologia	spessore m	profondità m	velocità m/s
1	ghiaia e argilla	3,5	3,5	200
2	conglomerato	6,5	10,0	500
3	conglomerato	5,0	15,0	600
4	conglomerato	5,0	20,0	750
5	conglomerato	4,0	24,0	600
6	conglomerato fessurato e strati di ghiaia	3,0	27,0	800
7	sabbia e ghiaia	3,0	30,0	850

**POZZO 5**

strato (n)	litologia	spessore m	profondità m	velocità m/s
1	ghiaia e ciottoli	5,0	5,0	200
2	conglomerato duro	1,0	6,0	250
3	conglomerato fessurato	8,0	14,0	600
4	sabbia e ghiaia	1,0	15,0	650
5	conglomerato compatto	2,0	17,0	700
6	conglomerato fessurato	4,0	21,0	750
7	conglomerato di sabbia e ciottoli molto duro	6,0	27,0	850
8	sabbia e ghiaietto	3,0	30,0	900

**POZZO 7**

strato (n)	litologia	spessore m	profondità m	velocità m/s
1	terreno di riporto	1,0	1,0	180
2	conglomerato	9,0	10,0	450
3	conglomerato	5,0	15,0	650
4	conglomerato	7,0	22,0	800
5	conglomerato con ghiaia	2,5	24,5	850
6	ghiaia e sabbia	5,5	30,0	800

**POZZO 9**

strato (n)	litologia	spessore m	profondità m	velocità m/s
1	terreno di riporto	7,8	7,8	200
2	ghiaia e ciottoli compatti con argilla	5,7	13,5	550
3	conglomerato	4,5	18,0	700
4	ghiaia, ciottoli e sabbia	10,2	26,2	800
5	ghiaia e ciottoli cementati con sabbia argillosa	1,8	30,0	650

**POZZO 11**

strato (n)	litologia	spessore m	profondità m	velocità m/s
1	terreno vegetale	6,3	6,3	200
2	conglomerato compatto	1,0	7,3	350
3	ciottoli argillosi	6,2	13,5	650
4	conglomerato fessurato	6,1	21,6	800
5	ghiaia e ghiaietto	8,4	30,0	900

**POZZO 13**

strato (n)	litologia	spessore m	profondità m	velocità m/s
1	terreno vegetale	1,0	1,0	180
2	argilla mista a ghiaia	4,0	5,0	200
3	conglomerato compatto	16,0	21,0	750
4	conglomerato fessurato	2,0	23,0	800
5	ghiaia compatta	2,0	25,0	800
6	conglomerato fessurato	5,0	30,0	900

**POZZO SALUMIFICIO CAPRA**

strato (n)	litologia	spessore m	profondità m	velocità m/s
1	terreno di riporto	2,0	2,0	200
2	ghiaia e conglomerato	9,0	11,0	500
3	conglomerato fessurato	4,0	15,0	650
4	ghiaia e strati di conglomerato	8,0	23,0	800
5	ghiaia sabbia e ciottoli	7,0	30,0	850

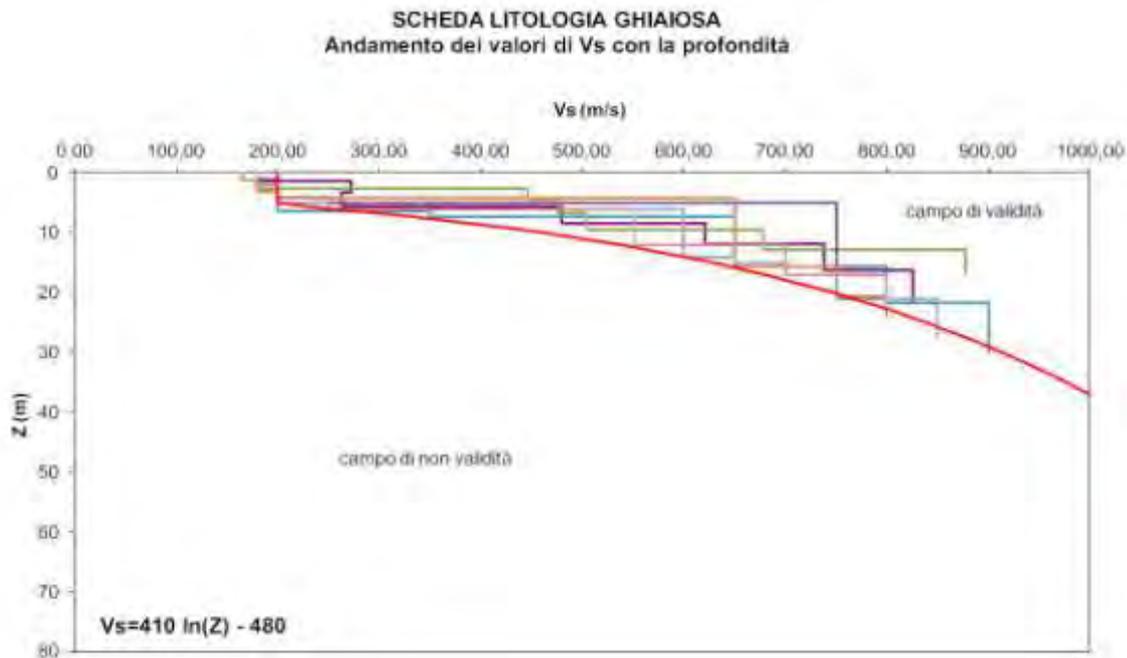
In base alla litologia prevalente in sito, sono state scelte le schede di valutazione tra quelle proposte nell'Allegato 5 e ne è stata verificata la validità utilizzando le stratigrafie suddette, utilizzando quindi i valori di Vs delle precedenti tabelle.

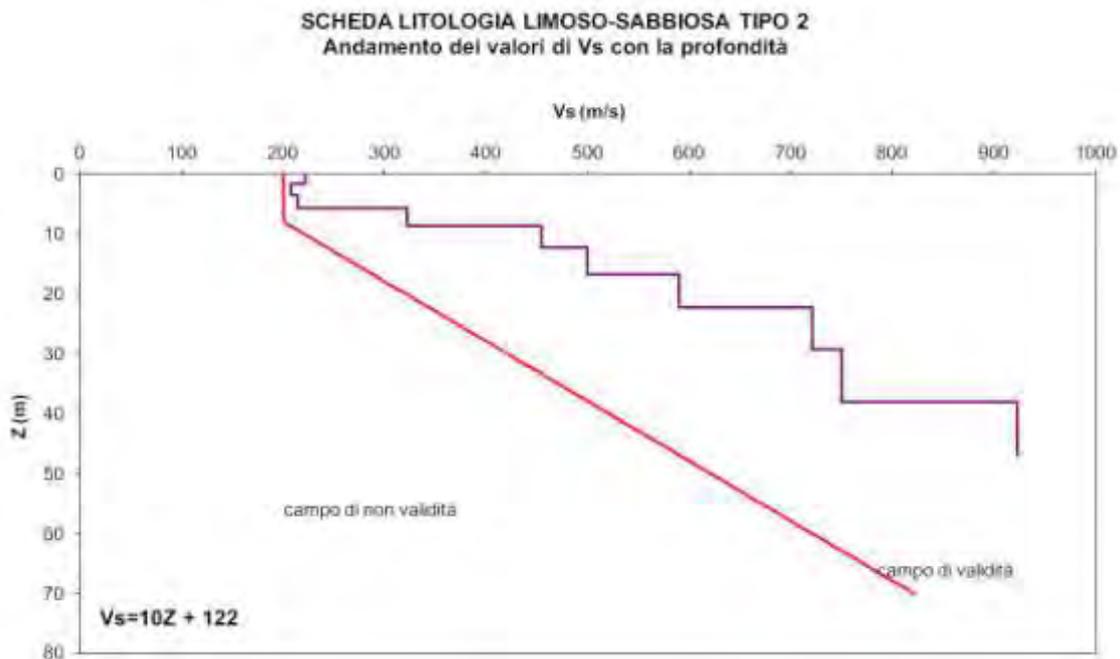
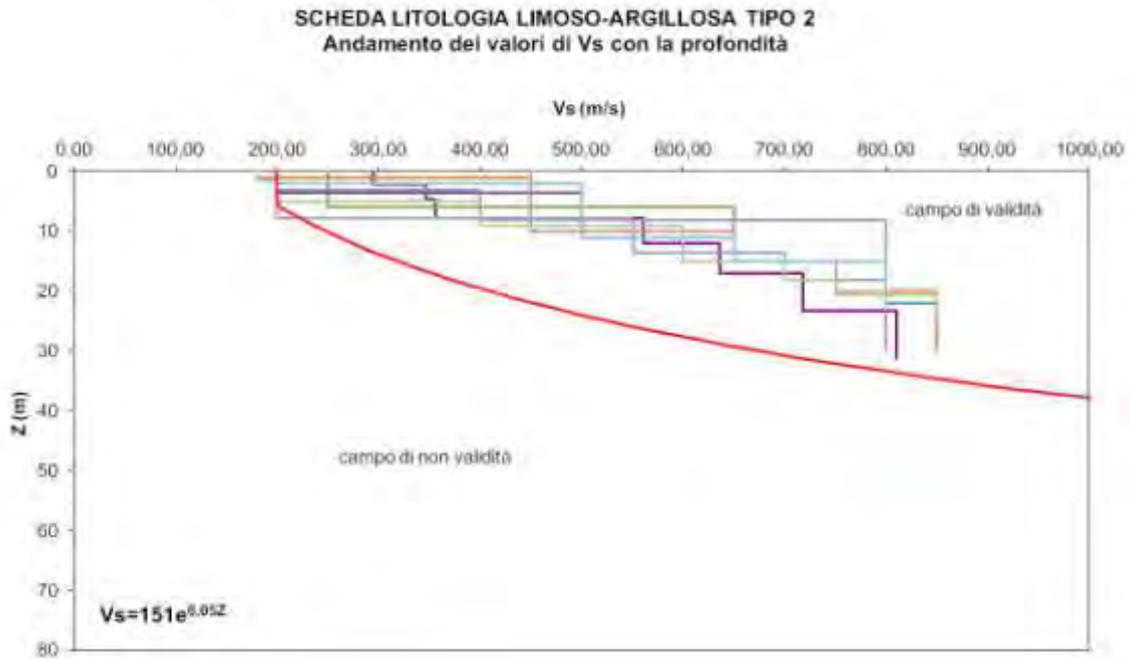
La scelta delle schede ha seguito quanto indicato nel suddetto allegato: in presenza di litologia non contemplata dalle schede di valutazione o di alternanze litologiche è stata scelta la scheda con l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine.

In generale si sono dimostrate valide le schede per le litologie prevalentemente ghiaiose e per le litologie prevalentemente limoso - argillose.

Come si può osservare dai grafici riassuntivi seguenti, l'andamento dei valori di Vs con la profondità rientra nel campo di validità delle schede scelte.

In **All. 7** sono contenute tutte le elaborazioni qui di seguito riassunte.





Utilizzando la matrice delle schede di valutazione, in base allo spessore e alla velocità dello strato superficiale si sceglie la curva più appropriata.

In base ai criteri regionali, lo strato superficiale deve avere almeno 4 m di spessore; qualora sia inferiore, andrà utilizzato lo strato superficiale equivalente, a cui si è assegnata come velocità Vs la media pesata delle velocità degli strati superficiali la cui somma supera i 4 m di spessore.

Negli schemi seguenti sono riassunti i singoli valori degli strati superficiali e le curve utilizzate per le successive elaborazioni.

### SCHEDA LITOLOGIA GHIAIOSA

	Spessore (m)	Velocità (m/s)	curva	Profondità primo strato (m)																	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18				
MASW3	5,5	245	2				1	1													
MASW4	4,3	282	3				2	2	2												
POZZO4	4,0	200	1				3	3	3	3											
POZZO5	5,0	200	1				3	3	3	3	3										
POZZO6	4,2	200	1				3	3	3	3	3	3									
POZZO11	6,3	200	1				3	3	3	3	3	3	3								
POZZO13	5,0	200	1				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			

### SCHEDA LITOLOGIA GHIAIOSA LIMOSO-ARGILLOSA TIPO 2

	Spessore (m)	Velocità (m/s)	curva	Profondità primo strato (m)																													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30										
MASW1	4,6	323	3				2	1	1																								
POZZO2	5,9	250	2				2	2	2	2	1	1	1	1																			
POZZO3	10,0	395	3				3	3	3	3	2	2	2	2	1																		
POZZO7	10,0	423	3				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																	
POZZO8	10,0	423	3				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3															
POZZO9	7,8	200	1				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3														
POZZO10	10,0	450	3				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3												
POZZO12	5,0	200	1				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3											
POZZO FC	8,0	325	3				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3										
POZZO SC	11,0	445	3				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		

Per quanto riguarda invece la **MASW2**, si è dimostrata valida la scheda per le litologie prevalentemente limoso – sabbiose (tipo 2). Con 214 m/s di velocità e 5,6 m di profondità del primo strato, è stata scelta la curva 2.

SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO-SABBIOSA TIPO2				Profondità primo strato (m)																												
	Spessore (m)	Velocità (m/s)	curva	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15	20	25	30	35	40	50	60									
				MASW2	5,6	214	2				1	1	1	1	1	1	1															
POZZO1	5,6	214	2				2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1															
POZZO1	5,6	214	2				3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2														
POZZO1	5,6	214	2				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3													
POZZO1	5,6	214	2				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3												
POZZO1	5,6	214	2				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3											
POZZO1	5,6	214	2				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3										
POZZO1	5,6	214	2				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3									

Le formule di correlazione tra  $F_a$  e  $T$  per gli intervalli di periodo 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s sono pertanto le seguenti:

#### LITOLOGIA GHIAIOSA

##### Correlazione $F_{a_{0.1-0.5s}}$ - $T$ (CURVA 1)

$$0,08 \leq T \leq 0,40 \quad F_{a_{0.1-0.5s}} = -8.5T^2 + 5.4T + 0.95$$

$$0,40 < T \leq 1,00 \quad F_{a_{0.1-0.5s}} = 1.46 - 0.32 \ln(T)$$

##### Correlazione $F_{a_{0.1-0.5s}}$ - $T$ (CURVA 2)

$$0,06 \leq T \leq 0,40 \quad F_{a_{0.1-0.5s}} = -7.4T^2 + 4.8T + 0.84$$

$$0,40 < T \leq 1,00 \quad F_{a_{0.1-0.5s}} = 1.32 - 0.28 \ln(T)$$

##### Correlazione $F_{a_{0.1-0.5s}}$ - $T$ (CURVA 3)

$$0,06 \leq T \leq 0,40 \quad F_{a_{0.1-0.5s}} = -4.7T^2 + 3.0T + 0.92$$

$$0,40 < T \leq 1,00 \quad F_{a_{0.1-0.5s}} = 1.17 - 0.22 \ln(T)$$

##### Correlazione $F_{a_{0.5-1.5s}}$ - $T$

$$0,07 \leq T \leq 1,00 \quad F_{a_{0.5-1.5s}} = -0.58T^2 + 0.84T + 0.94$$

#### LITOLOGIA LIMOSO - ARGILLOSA

##### Correlazione $F_{a_{0.1-0.5s}}$ - $T$ (CURVA 1)

$$0,10 \leq T \leq 0,40 \quad F_{a_{0.1-0.5s}} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$$

$$0,40 < T \leq 1,00 \quad F_{a_{0.1-0.5s}} = 2.12 - 0.30 \ln(T)$$

##### Correlazione $F_{a_{0.1-0.5s}}$ - $T$ (CURVA 2)

$$0,08 \leq T \leq 0,40 \quad F_{a_{0.1-0.5s}} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$$

$$0,40 < T \leq 1,00 \quad F_{a_{0.1-0.5s}} = 1.77 - 0.38 \ln(T)$$

**Correlazione  $Fa_{0,1-0,5s} - T$  (CURVA 3)**

$$0,05 \leq T \leq 0,40 \quad Fa_{0,1-0,5s} = -10,6T^2 + 7,6T + 0,46$$

$$0,40 < T \leq 1,00 \quad Fa_{0,1-0,5s} = 1,58 - 0,24 \ln(T)$$

**Correlazione  $Fa_{0,5-1,5s} - T$**

$$0,07 \leq T \leq 1,00 \quad Fa_{0,5-1,5s} = -T^2 + 1,48T + 0,88$$

**LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA (CURVA 2)**

**Correlazione  $Fa_{0,1-0,5s} - T$**

$$0,08 \leq T \leq 0,40 \quad Fa_{0,1-0,5s} = -12,8T^2 + 9,2T + 0,48$$

$$0,40 < T \leq 1,00 \quad Fa_{0,1-0,5s} = 1,77 - 0,38 \ln(T)$$

**Correlazione  $Fa_{0,5-1,5s} - T$**

$$0,11 \leq T \leq 1,00 \quad Fa_{0,5-1,5s} = -1,33T^2 + 2,02T + 0,79$$

T corrisponde al periodo proprio del sito ed è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità  $V_s$  è uguale o superiore a 800 m/s mediante la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \cdot \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove  $h_i$  e  $V_{s_i}$  sono lo spessore e la velocità di ogni strato del modello adottato.

I risultati dell'analisi relativamente ai punti individuati sono illustrati nei grafici seguenti e riassunti nella tabella a pagina seguente:

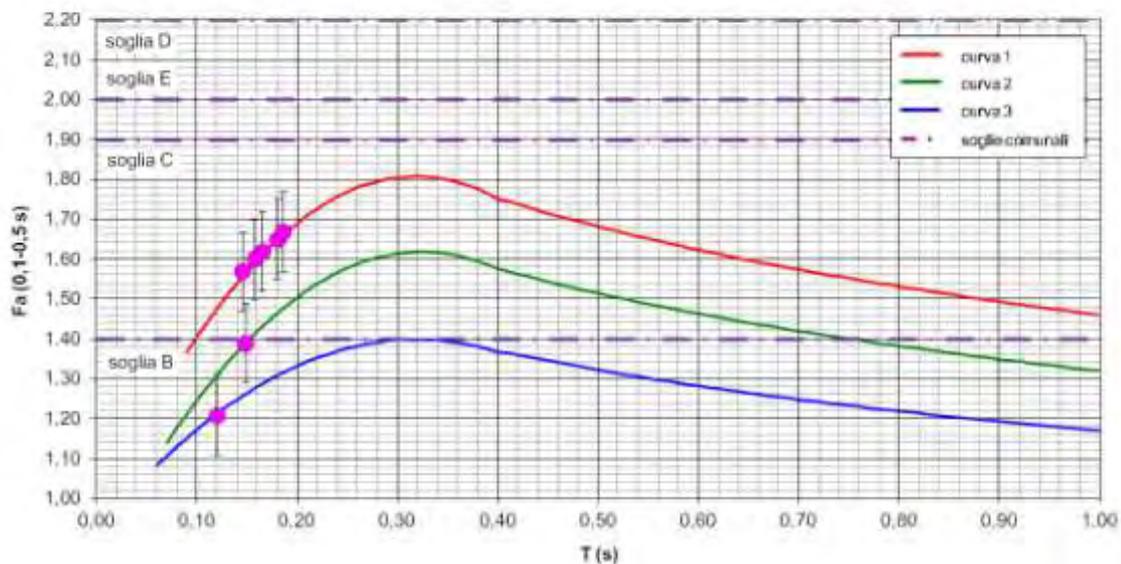
	T	Fa 0,1-0,5 s	Fa 0,5-1,5 s
<b>MASW1</b>	0.20	1.6	1.1
<b>MASW2</b>	0.30	2.1	1.3
<b>MASW3</b>	0.15	1.4	1.1
<b>MASW4</b>	0.12	1.2	1.0
<b>POZZO2</b>	0.15	1.6	1.1
<b>POZZO3</b>	0.17	1.5	1.1
<b>POZZO4</b>	0.16	1.6	1.1
<b>POZZO5</b>	0.18	1.7	1.1
<b>POZZO6</b>	0.16	1.6	1.1
<b>POZZO7</b>	0.15	1.4	1.1
<b>POZZO8</b>	0.16	1.4	1.1
<b>POZZO9</b>	0.20	2.0	1.1
<b>POZZO10</b>	0.15	1.4	1.1
<b>POZZO11</b>	0.19	1.7	1.1
<b>POZZO12</b>	0.17	1.8	1.1
<b>POZZO13</b>	0.15	1.6	1.1
<b>POZZO FC</b>	0.16	1.4	1.1
<b>POZZO SC</b>	0.15	1.4	1.1

Come si può osservare dai grafici seguenti, i valori di Fa calcolati per l'intervallo 0.1-0.5 s risultano generalmente compresi tra i valori soglia comunali (banca dati Regione Lombardia – tabella seguente) per la categoria di terreno di tipo B e di tipo C, categorie compatibili con i suoli in esame, mentre il valore di Fa calcolato per l'intervallo 0.5-1.5 s risulta sempre minore rispetto ai valori soglia comunali.

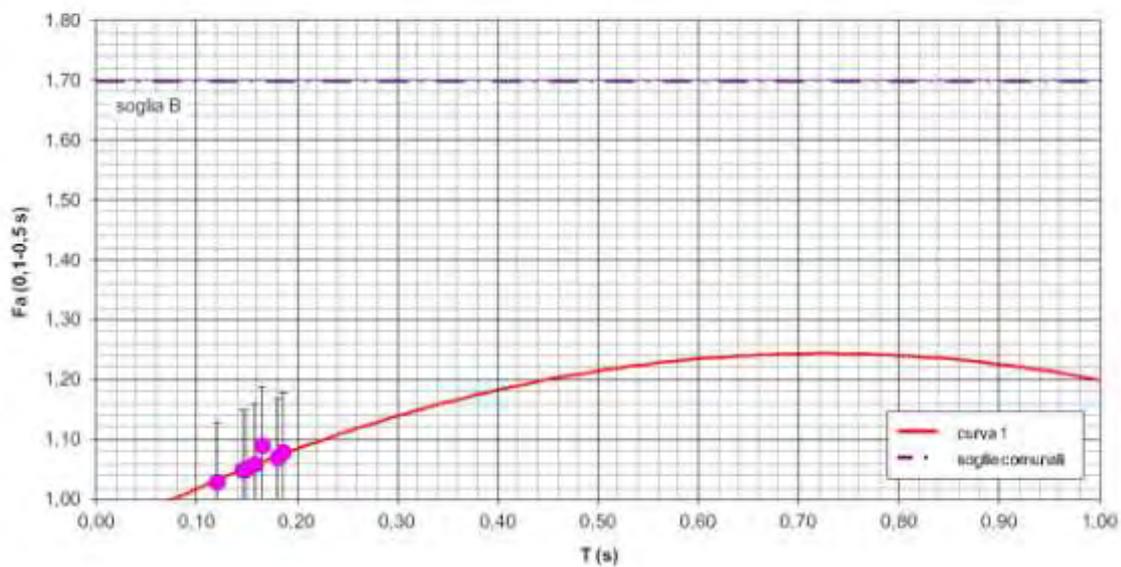
Va inoltre rilevato che i valori di Fa calcolati per la MASW2 e il Pozzo 9 superano i valori di soglia per la categoria di terreno di tipo C.

	B	C	D	E
<b>Fa<sub>0,1 - 0,5s</sub></b>	1,4	1,9	2,2	2,0
<b>Fa<sub>0,5 - 1,5s</sub></b>	1,7	2,4	4,2	3,1

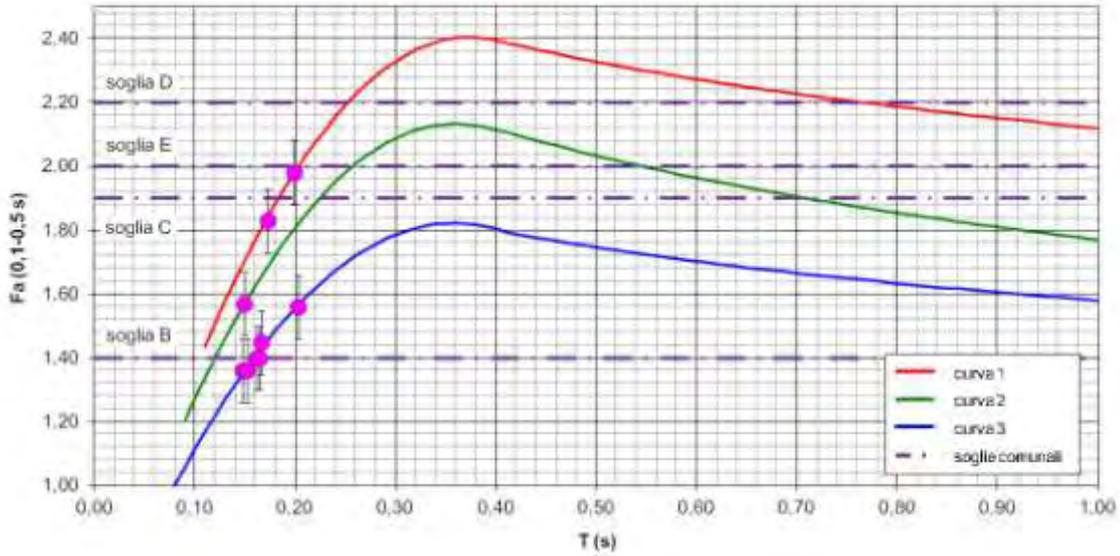
SCHEDA LITOLOGIA GHIAIOSA  
Correlazione T - Fa 0,1-0,5 s



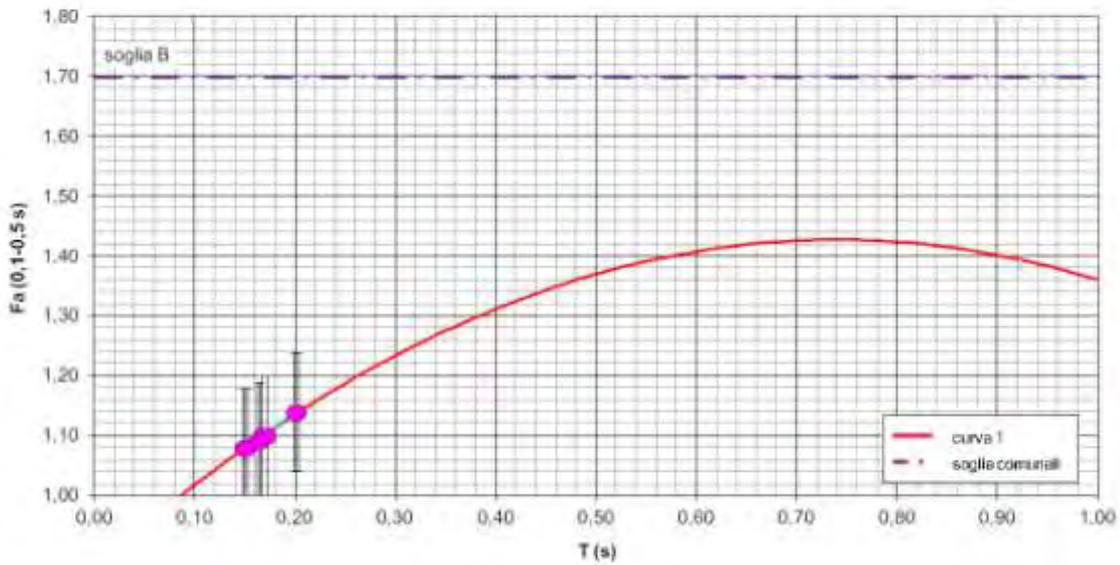
SCHEDA LITOLOGIA GHIAIOSA  
Correlazione T - Fa 0,5-1,5 s



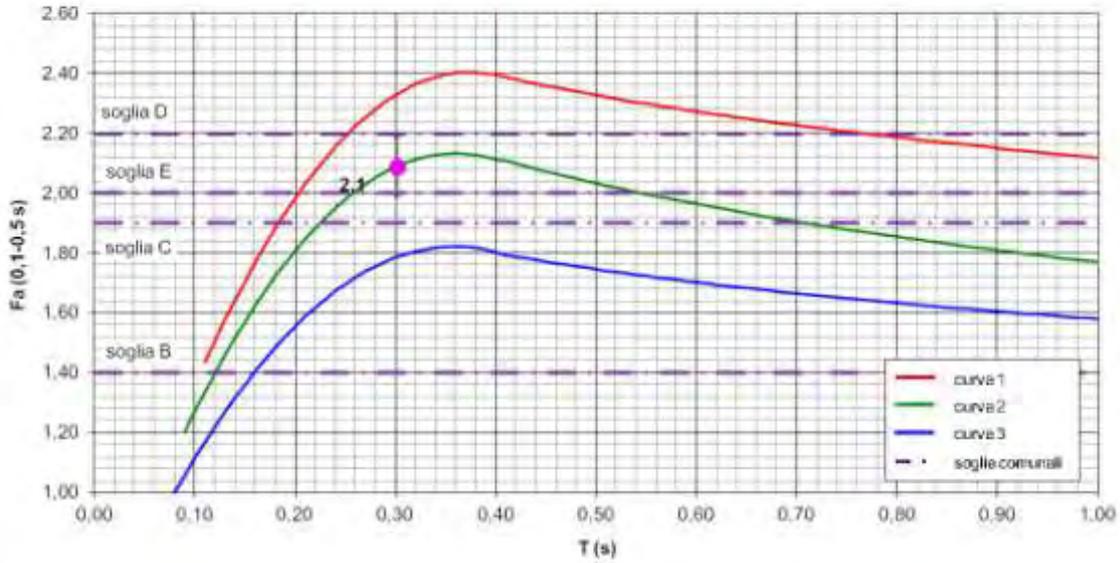
SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO-ARGILLOSA TIPO 2  
Correlazione T - Fa 0,1-0,5 s



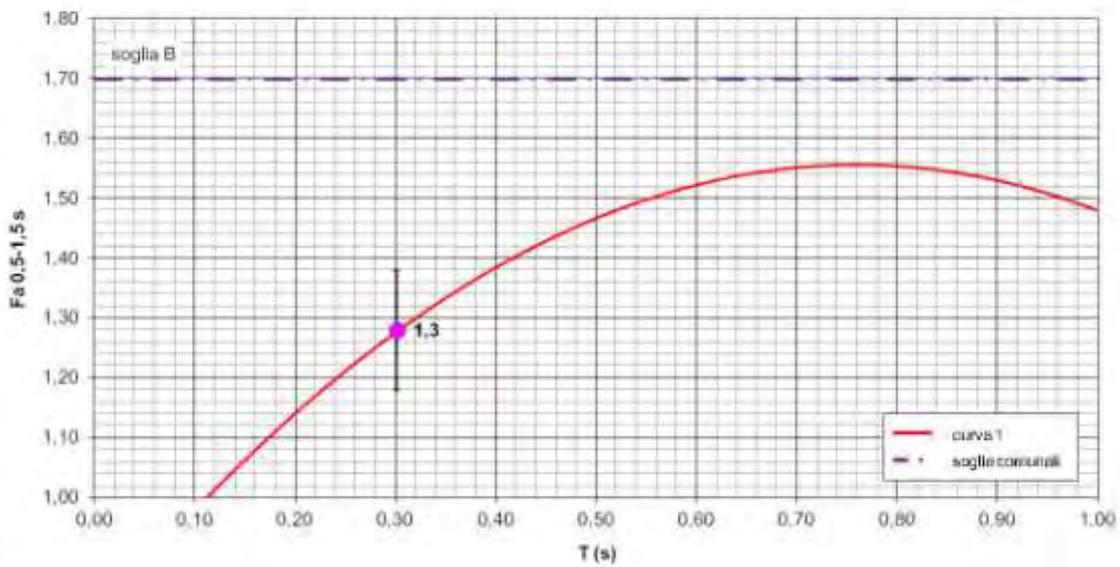
SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO-ARGILLOSA TIPO 2  
Correlazione T - Fa 0,5-1,5 s



SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO-SABBIOSA TIPO 2  
Correlazione T - Fa 0,1-0,5 s



SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO-SABBIOSA TIPO 2  
Correlazione T - Fa 0,5-1,5 s



\*\*\*\*\*

### SINTESI DEI RISULTATI

Dal confronto dei risultati ottenuti dall'analisi di livello II su tutto il territorio comunale emerge che:

- il Fa calcolato per l'intervallo 0.1-0.5 s risulta generalmente compreso tra i valori soglia comunali per i terreni di tipo B e di tipo C, mediamente pari a 1,6;
- in alcuni punti del territorio (MASW2 e Pozzo9) il valore di Fa calcolato per l'intervallo 0.1-0.5 s risulta addirittura superiore ai valori di soglia comunali per i terreni di tipo C;
- solo in un caso (MASW4) il valore di Fa calcolato per l'intervallo 0.1-0.5 s risulta inferiore ai valori di soglia comunali;
- il Fa calcolato per l'intervallo 0.5-1.5 s risulta sempre minore rispetto ai valori soglia comunali.

Considerando che sul territorio comunale di Lissone i terreni ricadono principalmente nella categoria "B", risulta evidente che la normativa nazionale non può essere considerata pienamente sufficiente a salvaguardare gli effetti di amplificazione sismica locale.

Pertanto, in fase progettuale, per tali opere sarà comunque necessario definire quantitativamente gli effetti di amplificazione sismica attesi mediante approfondimenti di livello III, come da Allegato 5 della D.G.R. 9/2616/11, secondo quanto disposto nel paragrafo Norme antisismiche (Par. 11.4) delle Norme Geologiche di Piano, al quale si rimanda.

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

### **Allegati**

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

**All. 8:** 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

## 9. 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. 9/2616/11.

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

### 9.1 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 temporale (isocrona corrispondente ad un tempo  $t = 60$  gg. in base alla D.G.R. 15137/96) per i pozzi n. 6 – Via Battisti e n. 10 – Via Volturmo (autorizzazione della Provincia di Milano aut. Dir. n.302/2005 del 14/12/2005 – **AII. 8**).

Per tutti i rimanenti pozzi, (la cui ZR è attualmente definita con criterio geometrico - raggio = 200 m), è stata proposta la ridelimitazione della zona di rispetto con criterio temporale. La pratica è attualmente in istruttoria.

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).

## 10. 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.
- Aree con grado di suscettività al fenomeno degli "occhi pollini" da moderato a "molto alto", così come rilevato nel PTCP della Provincia di Monza e Brianza.

## 11. CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E NORME GEOLOGICHE DI PIANO

### 11.1 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. 9/2616/11:

#### **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, *ivi comprese quelle interrato*, 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; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

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. 9/2616/11, 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
IGF	individuazione e mappatura di cavità sepolte ("occhi pollini") mediante indagini geofisiche specifiche (georadar, tomografia elettrica 2D 3D)
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 e può innescare o accentuare il fenomeno degli "occhi pollini"
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.

## **11.2 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.

Aree individuate nel PTCP della Provincia di Monza e Brianza con grado di suscettività al fenomeno degli "occhi pollini" moderato.

*Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso*

Favorevole con modeste limitazioni legate alle caratteristiche geotecniche del terreno da valutarsi localmente, anche per la possibile presenza di cavità sepolte, 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.

Si rendono altresì necessarie specifiche indagini in sito per l'individuazione e l'eventuale mappatura delle cavità sepolte, quali indagini geofisiche tramite georadar o tomografia elettrica 2D e 3D (IGF).

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). 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.

Aree individuate nel PTCP della Provincia di Monza e Brianza con grado di suscettività al fenomeno degli occhi pollini molto alto o alto.

*Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso*

Favorevole con consistenti limitazioni determinate dalle caratteristiche geotecniche del terreno da valutarsi localmente e alla 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.

Si rendono altresì necessarie specifiche indagini in sito per l'individuazione e l'eventuale mappatura delle cavità sepolte, quali indagini geofisiche tramite georadar o tomografia elettrica 2D e 3D (IGF).

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 10 m 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).

### **11.3 LINEE GUIDA PER L'INDIVIDUAZIONE DEGLI "OCCHI POLLINI"**

La determinazione dell'eventuale presenza nel sottosuolo degli "occhi pollini" o l'individuazione della loro possibile formazione sono necessarie ai fini di contenere i danni e/o interferenze degli stessi con l'attività antropica e impedire la veicolazione di sostanze inquinanti nel sottosuolo.

Date le dimensioni variabili delle cavità, anche molto ridotte, o la possibilità che possano essere parzialmente o totalmente riempite con materiale di crollo o sedimenti, l'individuazione stessa degli occhi pollini risulta difficile.

Il PTCP della Provincia di Monza e Brianza fornisce a tal proposito delle specifiche linee guida per le indagini, la prevenzione e la gestione del fenomeno "occhi pollini", di seguito riportate.

#### **METODI DI INDAGINE**

Prove penetrometriche: benché siano uno tra i metodi più usati per la caratterizzazione geotecnica dei terreni, non sono indagini indicate per determinare la presenza di "occhi pollini". Esse non consentono di definire con sufficiente precisione la presenza e lo sviluppo del reticolo di cavità all'interno del terreno dato che la maglia con cui vengono normalmente eseguite non può fornire la distribuzione areale delle cavità stesse, né risulta economicamente conveniente eseguire prove penetrometriche in numero sufficiente a questo scopo.

Indagini geofisiche: sono quelle che meglio possono essere utilizzate per l'individuazione e mappatura di vuoti nel sottosuolo; il georadar e la tomografia elettrica 2D e 3D sono tra quelle che meglio si adattano allo scopo.

- Il georadar, ha il vantaggio di essere di facile e veloce impiego e di avere costi contenuti, di contro presenta limiti di impiego in terreni ricchi di argilla quali quelli in cui tipicamente si formano gli occhi pollini. Infatti la capacità di penetrazione del georadar in questi terreni è molto limitata, mentre gli occhi pollini si formano spesso in profondità. A tal proposito può essere adottata la tecnica georadar a fondo scavo in modo da aumentare la profondità di investigazione.
- La tomografia elettrica: consente una maggiore penetrazione in profondità e risoluzione sebbene l'esecuzione di questo tipo di indagine sia più onerosa.

Limiti di impiego: le indagini geofisiche hanno lo svantaggio di avere una risoluzione minima che può essere superiore al diametro delle condotte. Inoltre, nel caso in cui gli "occhi pollini" fossero riempiti totalmente di sedimenti che hanno caratteristiche simili a quello in cui l'occhio pollino si forma, la cavità potrebbe non essere riconosciuta in quanto non ci sono grandi differenze di resistività tra la litologia ospitante l'occhio pollino e il riempimento.

## PREVENZIONE E GESTIONE

La circolazione di acqua nel sottosuolo è uno dei fattori fondamentali nella formazione degli occhi pollini. Nelle aree in cui risulta esserci una probabilità alta e molto alta al fenomeno degli occhi pollini deve essere prestata la massima attenzione nello smaltimento delle acque nel terreno. In queste zone deve essere evitato l'uso dei pozzi perdenti in quanto l'immissione di acqua a seguito di precipitazioni può innescare il fenomeno e/o contribuire in modo sostanziale alla sua accentuazione, aumentando quindi la probabilità di avere danni alle opere.

È da evitare usare gli "occhi pollini" come pozzi perdenti naturali in cui convogliare le acque di scarico. Infatti gli "occhi pollini" si ingrandiscono a ogni nuova venuta d'acqua e quindi questa tecnica porterebbe ad una evoluzione molto rapida delle cavità con seri pericoli per le opere.

### 11.4 NORME ANTISISMICHE

#### 11.4.1 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.

#### 11.4.2 Indagini per la caratterizzazione sismica locale

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. 11.4.1**) ed è riassunta nella seguente tabella:

Tipologia opere secondo il D.M. 14/01/2008	Tipologia di indagine
<b>Classe I</b> (a titolo puramente esemplificativo non esaustivo: edifici agricoli ed edifici minori di servizio quali box)	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> (a titolo puramente esemplificativo non esaustivo: ambienti ad uso residenziale e relativi servizi, uffici, negozi, alberghi)	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> (a titolo puramente esemplificativo non esaustivo: teatri, musei, tribune, sale conferenza e industrie con attività pericolose per l'ambiente)	
<b>Classe IV</b> (a titolo puramente esemplificativo non esaustivo: tutti gli edifici con funzioni pubbliche o strategiche importanti in riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità, quali scuole, ospedali e caserme, e industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente)	Indagini geofisiche in foro (down-hole o cross-hole), eventualmente integrate con indagini di superficie (come sopra).

#### 11.4.3 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. 8 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,**
- **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 le seguenti analisi.

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

L'analisi semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica effettuata sul territorio (**Par. 8.4**) ha evidenziato che il fattore di amplificazione calcolato risulta uguale o superiore ai valori soglia della normativa nazionale, quindi quest'ultima non è sufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale.

Pertanto la documentazione di progetto dovrà comprendere la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi (livello 3 dell'Allegato 5 della D.G.R. 9/2616/11) oppure l'adozione dello spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore.

Qualora si adottasse questo criterio, andrà tuttavia preventivamente effettuata un'analisi di livello II (Allegato 5 della D.G.R. 9/2616/11) sito-specifica, per il confronto con i valori soglia comunali.

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 e così via. Fa eccezione la categoria di suolo E, per la quale la categoria successiva è comunque la categoria di suolo D.

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

La documentazione di progetto dovrà comprendere 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.

#### 11.4.4 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. 9/2616/11) 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 in condizioni sismiche all'interno degli **ambiti con possibili fenomeni di cedimento Z2a.**

### **11.5 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.

### **11.6 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. 7**). 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. 10/2616 del 30/11/2011).

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. 10/2616/11 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, con indicazione del Fattore di amplificazione calcolato con l'analisi di livello II.

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. Marco Parmigiani**



## **BIBLIOGRAFIA**

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2014) – Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 096 Seregno – Progetto CARG

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.

PROVINCIA DI MONZA E BRIANZA (2013) – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale

TOMASI F. (2011) – Difesa del suolo. I geositi e il fenomeno degli occhi pollini – Approfondimento nell'ambito del PTCP della Provincia di Monza e Brianza

STRINI A. (2004) – Erosione sotterranea e sprofondamenti nell'alta pianura lombarda: gli "occhi pollini" – Atti del seminario APAT Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio

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.