

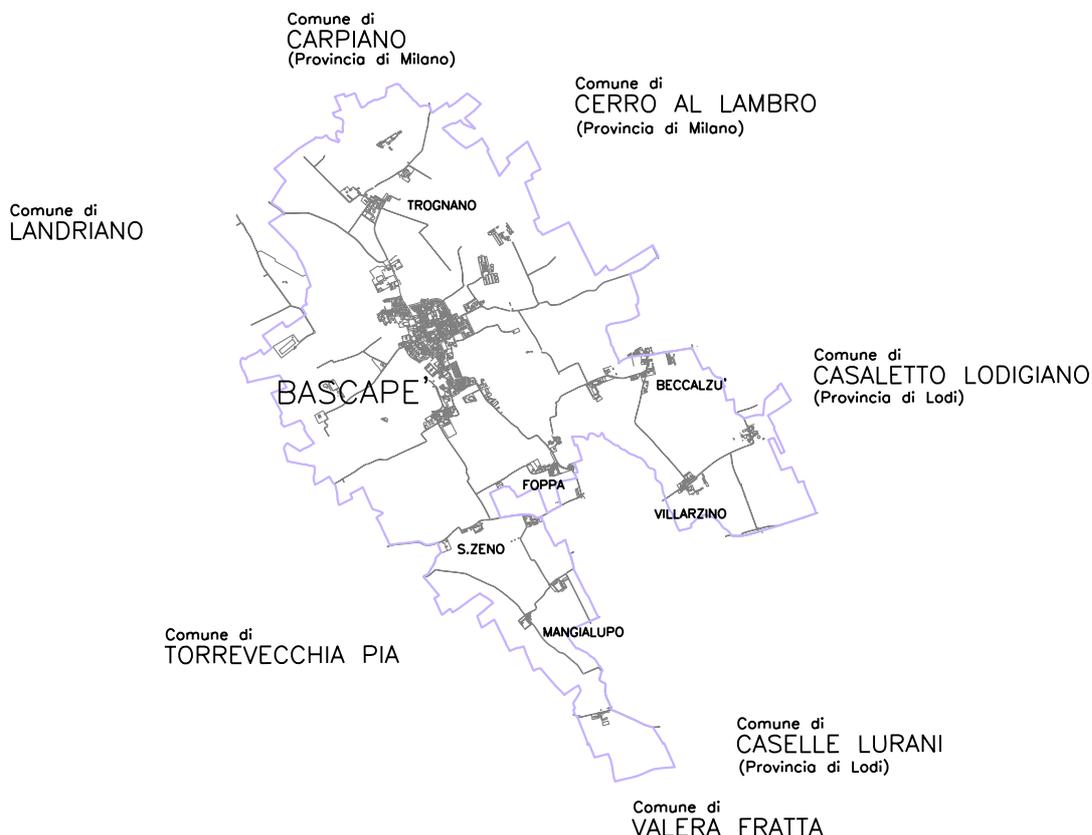


Comune di **BASCAPE'** Provincia di Pavia

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

COMPONENTE GEOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

L.R. 11 marzo 2005 n°12 - art. 57, lettera a), comma 1; D.G.R. 30 novembre 2011 n°9/2616



RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Sindaco
EMANUELA CURTI

Il Professionista incaricato
Dott. Geol. DANIELE CALVI

Segretario Comunale
Dott.ssa ROSA CASTRO

Responsabile Servizio Urbanistica
Dott. Arch. PAOLO MENUDO

marzo 2013

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
1.1	OGGETTO DELLO STUDIO	1
1.2	DOCUMENTAZIONE REALIZZATA	1
1.3	DOCUMENTAZIONE UTILIZZATA	3
1.4	ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO	5
2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E CLIMATICO	7
2.1	CARATTERIZZAZIONE FISIOGRAFICA	7
2.2	UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE AFFIORANTI	8
2.3	GEOLOGIA DEL SOTTOSUOLO	8
2.4	ASSETTO GEOLOGICO – STRUTTURALE	9
2.5	GEOMORFOLOGIA	10
2.6	ASPETTI PEDOLOGICI E DI USO DEL SUOLO	10
2.7	CLIMATOLOGIA	11
3.	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO	13
3.1	IDROGRAFIA SUPERFICIALE	13
3.2	DETERMINAZIONE DEL RETICOLO IDRICO PRINCIPALE E MINORE	14
3.3	IDROGRAFIA SOTTERRANEA	16
	3.3.1 Assetto idrogeologico generale dell'area	16
	3.3.2 Struttura idrogeologica di dettaglio	18
	3.3.3 Piezometria	19
3.4	CLASSI DI PERMEABILITÀ	20
3.5	VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO SFRUTTATO AD USO IDROPOTABILE	20
4.	ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO FINALIZZATE ALLA DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE SISMICA NEI PIANI DI GOVERNO DEL TERRITORIO	24
4.1	PREMESSA	24
	4.1.1 Pericolosità, vulnerabilità e rischio	26
4.2	INFORMAZIONI RELATIVE ALLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO COMUNALE DI BASCAPÈ	31
	4.2.1 Dati storici	31
	4.2.2 Database Macrosismico Italiano 2004 (DBMI04) – Estrazione dei dati	33
4.3	QUADRO NORMATIVO NAZIONALE E REGIONALE	36
	4.3.1 Azione sismica – Categoria di sottosuolo	39
	4.3.2 Azione sismica – Zone sismiche	40

4.4	METODOLOGIA UTILIZZATA PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI SISMICI DI SITO	42
4.5	VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE DEL TERRITORIO COMUNALE DI BASCAPÈ SECONDO LE INDICAZIONE DELLE D.G.R. 22 DICEMBRE 2005, N°8/1566	44
5.	CARATTERISTICHE GEOLOGICO – APPLICATIVE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO	46
5.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE	46
5.2	GRADO DI PROTEZIONE DELL'ACQUIFERO SFRUTTATO AD USO IDROPOTABILE	48
6.	ZONAZIONE DEL TERRITORIO – METODOLOGIA UTILIZZATA	49
6.1	CARATTERISTICHE DI VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI	49
6.2	INDIVIDUAZIONE DELLE AREE OMOGENEE DAL PUNTO DI VISTA DELLA PERICOLOSITÀ / VULNERABILITÀ RIFERITA ALLO SPECIFICO FENOMENO CHE LE GENERA	50
6.3	ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI DI INGRESSO	50

FIGURE IN TESTO

Fig. 1	<i>Inquadramento dell'area nel sistema cartografico regionale</i>	7
Fig. 2	<i>Diagramma di Bagnols e Gaussens. Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni</i>	12
Fig. 3	<i>Sezione idrostratigrafica generale con indicato il pozzo "BASCAPÈ 1"</i>	18
Fig. 4	<i>Tabella comparativa Grado Richter – Grado M.C.S.</i>	25
Fig. 5	<i>Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV, aprile 2004)</i>	27
Fig. 6	<i>Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale. - Dettaglio per la Regione Lombardia</i>	28
Fig. 7	<i>Massime intensità Macrosismiche osservate in Italia (Fonte I.N.G.V.)</i>	32
Fig. 8	<i>Massime intensità macrosismiche registrate in Lombardia (fonte INGV)</i>	33
Fig. 9	<i>Elenco dei terremoti in cui risulta citata la località di Melegnano (MI)</i>	33
Fig. 10	<i>Zonazione sismogenetica ZS9</i>	35

TABELLE IN TESTO

TAB.1	<i>Osservazioni sismiche a Pavia</i>	34
TAB.2	<i>Classificazione del territorio regionale a seguito dell'entrata in vigore dell'O.P.C.M. 3274/03</i>	37
TAB.3A/B	<i>Provincia di Pavia - Raffronto tra il precedente quadro normativo e l'attuale</i>	38
TAB.4	<i>Livello di approfondimento dello studio in relazione alla zona sismica di appartenenza</i>	43
TAB.5	<i>Comune di Bascapè - Scenari di pericolosità sismica locale ed effetti sismici locali attesi</i>	45
TAB.6	<i>Comune di Bascapè - Classi di pericolosità sismica per ogni scenario di pericolosità sismica locale</i>	45
TAB.7	<i>Classi di ingresso dei poligoni individuati nella carta di sintesi</i>	51

ALLEGATI

BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

1. INTRODUZIONE

1.1 OGGETTO DELLO STUDIO

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

Il presente lavoro, redatto congiuntamente al Piano di governo del Territorio (PgT) del Comune di Bascapè, è stato predisposto secondo due livelli conoscitivi e diagnostici: uno generale di inquadramento, riguardante l'intera superficie territoriale ed un suo significativo intorno (Tavole 1-2-3 - scala 1:10.000), ed uno di dettaglio, limitatamente al territorio comunale (13,11 Km² - riferimento Tavole 4-5-6-7-8 - scala 1:5.000), interessato in tutta la sua estensione dalla copertura aerofotogrammetrica (Esecuzione: S.CA.DI. s.n.c. - Milano 2010).

In particolare, lo studio di dettaglio ha interessato le seguenti località:

<i>Bascapè (capoluogo comunale)</i>	<i>Mangialupo</i>
<i>Beccalzù</i>	<i>San Zeno</i>
<i>Casa Deo</i>	<i>Trognano</i>
<i>Foppa</i>	<i>Villarzino</i>

oltre che numerosi cascinali uniformemente distribuiti su tutto il territorio, a testimonianza della spiccata vocazione agricola di questi luoghi.

1.2 DOCUMENTAZIONE REALIZZATA

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

Tutti gli elaborati grafici vengono realizzati su supporto informatico. In particolare, tutte le tavole vengono realizzate in formato numerico File *AutoCAD drawing* (.dwg); inoltre la Tavola n°4 "CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) CON UBICAZIONE DEI DATI LITOSTRATIGRAFICI, GEOGNOSTICI E GEOTECNICI" e la Tavola n°8 "CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO COMUNALE", vengono fornite su supporto informatico in formato shapefile ArcView (.shp), per l'aggiornamento del Sistema Informativo Territoriale, ai sensi dell'art. 3 della L.R. 12/05.

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

La tavola n°8, in particolare, riporta la zonazione del territorio del Comune di Bascapè in classi e sottoclassi di fattibilità geologica a diversa limitazione (numerate da 2A a 4A in ordine crescente di limitazioni e condizionamenti, secondo quanto stabilito dalla D.G.R. 22 dicembre 2005, n°8/1566 e suoi aggiornamenti - D.G.R. 28 maggio 2008, n°8/7374; D.G.R. 30 novembre 2011, n°9/2616 -, con riferimento alla *Norme geologiche di Piano*) consentendo, in ultima analisi, di trarre delle indicazioni generali relativamente alle cautele da adottare per gli interventi di Piano e alla tipologia degli studi geologici e delle indagini da effettuare per gli approfondimenti del caso, finalizzati alla riduzione del rischio idrogeologico e idraulico.

Fanno infine parte integrante del presente lavoro le seguenti relazioni:

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

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

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

Per quanto riguarda infine la valutazione dell'amplificazione sismica locale, la metodologia utilizzata è quella prevista dalla D.G.R. n°8.1566.2005 del 22.12.2005 e s.m.e.i. (1° livello di approfondimento), con riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche, sia attraverso l'utilizzo di dati esistenti. Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, ha previsto la redazione della CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL), nella quale è stata riportata la classificazione e la perimetrazione delle aree suscettibili di amplificazione sismica (aree a Pericolosità Sismica Locale).

1.3 DOCUMENTAZIONE UTILIZZATA

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

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

Sezioni

- B7c1 "Landriano"
- B7c2 "Torrevecchia Pia"
- B7d1 "Bascapè"
- B7d2 "Sant'Angelo Lodigiano Nord"

— Cartografia I.G.M. scala 1:25.000

Sezioni

- Foglio 59 quadrante I Tavola NO "Landriano"
- Foglio 59 quadrante I Tavola NE "Lodi Vecchio"

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

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

— fotografie aeree B/N alla scala 1:33.000 - volo 1991 I.G.M.

— fotografie aeree in B/N alla scala \cong 1:25.000 relative al volo 1994: strisciata 24 fotografie da 0723 a 0727.

Nella fase di analisi si è inoltre utilizzata la seguente documentazione (con riferimento ai disposti di cui all'Allegato 1 della D.G.R. 22 dicembre 2005, n°8/1566 e suoi aggiornamenti - D.G.R. 28 maggio 2008, n°8/7374; D.G.R. 30 novembre 2011, n°9/2616 -):

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO

"PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)" - TAVOLE DI DELIMITAZIONE DALLE FASCE FLUVIALI.

Il Comune di Bascapè non è ricompreso tra quelli interessati dal "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)".

REGIONE LOMBARDIA

- GeoPortale
<http://www.cartografia.regione.lombardia.it/geoportale>
⇒ Basi tematiche ⇒ Geologia e difesa del suolo
Studi Geologici - Servizio di Mappa (ArcIMS) - PAI Dissesti
Studi Geologici - Servizio di Mappa (ArcIMS) - PAI Fasce Fluviali
Applicativo Studi Geologici Comunali

PROVINCIA DI PAVIA

- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - Provincia di Pavia - (P.T.C.P., Approvato con deliberazione di Consiglio Provinciale n°53/33382 del 7 novembre 2003).
Tavola 3.2b *Previsioni di tutela e valorizzazione delle risorse paesistiche e ambientali*
Tavola 3.3b *Quadro sinottico delle Invarianti*
- Piano Cave della Provincia di Pavia approvato dal Consiglio Regionale - Regione Lombardia - in data 20/02/2007 con D.C.R. n°VIII/344.
- Provincia di Pavia - Settore Cave - Individuazione di possibili geositi nel territorio della Provincia di Pavia (2003)
- Provincia di Pavia - Settore Cave - "I Geositi della Provincia di Pavia" - L. Pellegrini - P.L. Vercesi, dicembre 2005

COMUNE DI BASCAPÈ

STUDIO GEOLOGICO - TECNICO TERRITORIALE - L.R. n°41/97 - Dott. Geol. Daniele Calvi (luglio 2005)

1.4 ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO

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

- raccolta e interpretazione dei dati e dei documenti disponibili in letteratura nonché reperiti presso enti pubblici e studi professionali privati, relativi a studi precedenti a diverse finalità (studi geologici, geotecnici e idrogeologici) condotti nell'ambito del territorio comunale di Bascapè ed utili alla caratterizzazione dell'area di studio.
La ricerca ha coinvolto, in diversa misura, i seguenti Enti:
 - Ufficio Tecnico Comunale di Bascapè
 - Amministrazione Provinciale di Pavia Assessorato al Territorio - Servizio Geologico e Settore Tutela e Valorizzazione Ambientale – Settore acqua
 - Università degli Studi di Pavia - Dipartimento di Scienze della Terra
- analisi fotointerpretativa
- analisi areale di tutto il territorio comunale di Bascapè e di un suo significativo intorno che ha previsto, accanto ai rilievi geologici di tipo tradizionale, una preliminare caratterizzazione geotecnica dei terreni di copertura, attraverso la raccolta e la successiva elaborazione dei dati esistenti
- rilevamento puntuale delle aree urbanizzate, includente l'esame della rete viabilistica (strade provinciali, comunali e interpoderali), dell'assetto statico delle strutture murarie dei fabbricati esistenti, delle scarpate naturali e artificiali. I rilievi hanno consentito l'individuazione degli elementi che possono influire sull'idoneità delle aree in funzione urbanistica
- analisi idrogeologica, eseguita attraverso l'elaborazione dei dati idrogeologici relativi ai pozzi ad uso potabile presenti all'interno del territorio comunale di Bascapè e nei comuni limitrofi (Landriano, Cerro al Lambro, Torvecchia Pia e Casaleto Lodigiano), con definizione delle modalità di circolazione delle acque nel primo sottosuolo e individuazione delle aree di potenziale vulnerabilità idrogeologica
- elaborazione dei dati climatici (piovosità, temperatura)
- mappatura del reticolo idrografico principale e minore (refer. Tavole n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO")
- valutazione delle problematiche inerenti la sismicità del territorio comunale, finalizzate alla predisposizione della Tavola n°4 "CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) CON UBICAZIONE DEI DATI LITOSTRATIGRAFICI, GEOGNOSTICI E GEOTECNICI"

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

I dati raccolti sono costituiti da (refer. Tavola n°4 "CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) CON UBICAZIONE DEI DATI LITOSTRATIGRAFICI, GEOGNOSTICI E GEOTECNICI" per la loro ubicazione):

- n°6 diagrafie relative a prove penetrometriche statiche "*cone penetration test*" (C.P.T. 01_06)
- n°7 diagrafie relative a prove penetrometriche dinamiche "*Dynamic Continuous Penetration Test*" con avanzamento di 30 centimetri (*D.C.P.T.*₃₀ 01_07)
- n°6 stratigrafie relative a trincee geognostiche esplorative (T 01_06)
- n°8 stratigrafie relative a sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S 01_08)

Vengono inoltre allegate n°6 stratigrafie di pozzi per acqua, 5 dei quali ad uso potabile, di cui uno dismesso (refer. Tavola 3 "CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO" per la loro ubicazione).

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E CLIMATICO

2.1 CARATTERIZZAZIONE FISIOGRAFICA

Il territorio del Comune di Bascapè (PV) è situato all'estrema propaggine Nord Est della Provincia di Pavia. Esso si sviluppa su di una superficie complessiva di 13,11 Km², compresa tra i comuni di Carpiano (MI) e Cerro al Lambro (MI) a Nord, Landriano e Torrevecchia Pia ad Ovest, Casaleto Lodigiano (LO) ad Est, Valera Fratta (LO) e Caselle Lurani (LO) a Sud.

Dal punto di vista fisiografico, il territorio di Bascapè si trova ubicato in sinistra idrografica del Fiume Po, in una fascia di pianura situata tra l'alveo dei fiumi Lambro Meridionale e Lambro, ad un'altitudine compresa tra 81 metri e 86 metri s.l.m..

La viabilità principale è costituita dalle seguenti vie di comunicazione:

S.P. n°2 "Pavia – Melegnano e diramazione per Bascapè";

S.P. n°9 "Torre dei Negri – Bascapè";

S.P. n°142 "dalla strada provinciale Torre dei Negri - Bascapè con il Comune di Caselle Lurani";

S.P. n°159 "Bascapè – Confine Milanese verso Melegnano".

Nella Fig.1 è rappresentata la collocazione dell'area studiata rispetto al sistema cartografico regionale.

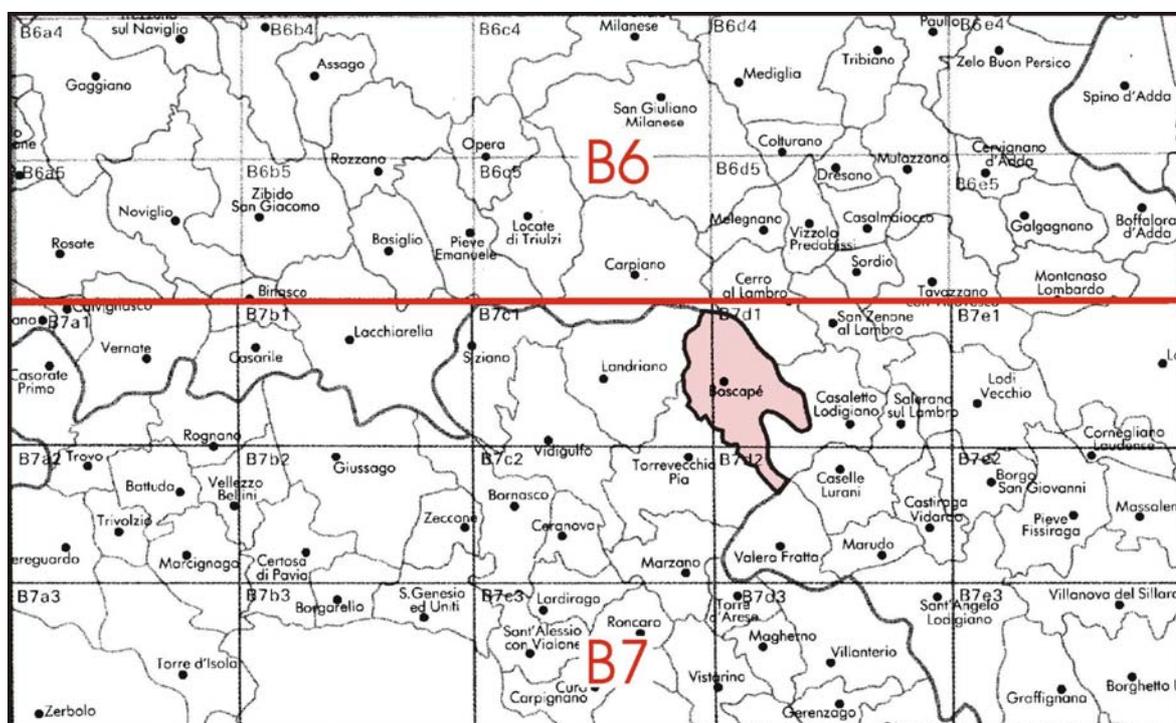


Fig. 1 Inquadramento dell'area nel sistema cartografico regionale

2.2 UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE AFFIORANTI

Nel complesso il territorio comunale di Bascapè risulta modellato all'interno di sedimenti quaternari continentali di origine alluvionale (rifer. Tav.1), abbandonati dal Fiume Po e dai suoi tributari in relazione alle vicende climatiche che hanno caratterizzato la regione nel Pleistocene (glaciazioni) e nell'Olocene (normale avvicendamento di piene e magre). In particolare, il territorio comunale di Bascapè ricade interamente, dal punto di vista litostratigrafico, all'interno dei seguenti terreni:

FLUVIALE RECENTE (PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE INFERIORE)

Questi depositi costituiscono la "superficie principale della pianura padana", o Piano Generale Terrazzato (P.G.T.). Risultano costituiti da alluvioni fluvio-glaciali e fluviali di età wurmiana, date da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi (questi ultimi più frequenti in superficie) di colore bruno o bruno scuro, passanti a bruno-giallastro e grigio. In profondità diffusi orizzonti con ghiaie e ghiaietti.

2.3 GEOLOGIA DEL SOTTOSUOLO

L'analisi delle litofacies e delle caratteristiche sedimentologiche dei depositi che costituiscono il primo sottosuolo dell'area studiata è stata svolta sulla base delle informazioni desunte dalle stratigrafie relative alle trivellazioni di n°2 pozzi per acqua ad uso potabile e di n°8 sondaggi geognostici esplorativi (rifer. Tavola 5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO" e "RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO COMUNALE").

Questi ultimi, in particolare, ricadono in corrispondenza di un ambito di cava attivo (ATEg60 del P.C.P.) di proprietà della ditta "Cosmocal S.p.A." e furono eseguiti nel novembre 2002, al fine di localizzare dei nuovi giacimenti potenzialmente sfruttabili i quali risultano, alla data odierna, oggetto di coltivazione.

I pozzi "BASCAPÈ 1" e "BASCAPÈ 2", sono collocati nei pressi del centro del capoluogo comunale e tutti siti sullo stesso ripiano morfologico (rifer. Tav.3 "CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO").

Le successioni clastiche esaminate sono sostanzialmente simili, essendo caratterizzate dalla presenza di litologie in prevalenza argillose fino alla profondità di circa 50 metri, cui seguono alternanze di sabbie, da fini a grossolane – localmente con ghiaie e ghiaietti – ed argille.

In particolare, i primi 50 metri di successione evidenziano la presenza di:

- un primo livello argilloso superficiale presente sino ad una profondità variabile da 12 metri dal p.c. (BASCAPÈ 2), a 17 metri dal p.c. (BASCAPÈ 1);
- un primo livello sabbioso o sabbioso argilloso di ridotto spessore (2-4 metri);
- un secondo livello argilloso o argilloso sabbioso, intercettato da 20 m a 31 m dal p.c. (BASCAPÈ 1) e da 16 m a 27 m dal p.c. (BASCAPÈ 2);
- un secondo livello sabbioso, localmente con ghiaietto, di spessore variabile tra 5 e 8 metri circa;
- un terzo ed ultimo potente livello argilloso che da 35 metri dal p.c. è rinvenuto senza soluzione di continuità sino a 50 metri di profondità in entrambi i pozzi.

Al di sotto seguono 3 distinti orizzonti acquiferi produttivi, posizionati rispettivamente tra:

- 50 e 58 metri di profondità, in corrispondenza di un orizzonte sabbioso con ghiaietto (questo livello è emunto solo dal pozzo "BASCAPÈ 1");
- 67 e 85 metri di profondità, in corrispondenza di un orizzonte sabbioso (livello emunto in entrambe le captazioni);
- 104 e 110 metri di profondità, in corrispondenza di un orizzonte sabbioso-ghiaioso (livello emunto in entrambe le captazioni).

Le successioni litologiche dei sondaggi esplorativi S1-S8 (spinti fino alla profondità di 30 metri, ad eccezione di S8, spinto a 25 metri), per quanto eseguiti ad una distanza di circa 1500 metri in linea d'aria dai pozzi acquedottistici comunali di Bascapè, viceversa non rispecchiano nella loro parte sommitale quelle dei pozzi per acqua, essendo presenti livelli per lo più sabbiosi con subordinate intercalazioni argillose.

Solamente nei sondaggi S3, S6 e S8 alla profondità compresa tra circa 4 metri e 10 metri dal p.c. prevalgono i materiali a granulometria fine; in corrispondenza degli altri sondaggi i livelli argillosi nei primi 15 metri esplorati sono del tutto subordinati.

2.4 ASSETTO GEOLOGICO - STRUTTURALE

Da un punto di vista strutturale l'assetto della zona esaminata è caratterizzato dalla presenza di una struttura sepolta (sovrascorrimento) che interessa le successioni marine mioceniche e plioceniche poste alla base delle coperture alluvionali quaternarie (rifer. Tav.1 "CARTA GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICA"). Essa è da porre in stretta connessione con quelle presenti lungo il margine appenninico dell'Oltrepò Pavese.

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

Detta situazione strutturale condiziona sensibilmente anche la disposizione geometrica e lo spessore complessivo dei depositi alluvionali quaternari che risentono dell'andamento del substrato marino. Il sollevamento del substrato comporta infatti una progressiva riduzione di spessore della coltre alluvionale fino alla completa scomparsa al culmine delle zone di alto strutturale (rilievi di San Colombano, situati circa 10 Km a Sud dell'area studiata).

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

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

2.5 GEOMORFOLOGIA

Il territorio, interamente pianeggiante, risulta compreso tra le quote di 81 e 86 metri circa s.l.m..

La superficie topografica del Piano Generale Terrazzato, la cui acclività è compresa tra il 2,0 e il 5,0‰, degrada in modo irregolare verso SE ed è caratterizzata in corrispondenza del territorio comunale di Bascapè dalla discontinuità morfologica corrispondente all'asta valliva del Colatore Lissone. In particolare, lungo il corso dello stesso Colatore Lissone, è individuabile una fascia di terreno a debole inclinazione, probabilmente frutto di spianamenti e rimodellamenti artificiali che nel corso dei secoli hanno contribuito a addolcire le originali scarpate morfologiche (refer. Tav.1 "CARTA GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICA").

Lo stesso tracciato del Colatore Lissone ha subito nel corso dei secoli notevoli variazioni. In epoca tardo medioevale (prima metà del XVII secolo), come testimoniano le carte catastali dell'epoca, il colatore si presentava fortemente meandreggiante e probabilmente ricco di zone umide e paludose. Il tracciato attuale, decisamente meno sinuoso, è quindi quasi certamente il risultato di diversi interventi di regolarizzazione eseguiti dall'uomo nel corso degli ultimi due secoli.

2.6 ASPETTI PEDOLOGICI E DI USO DEL SUOLO

In corrispondenza del territorio comunale di Bascapè sono presenti due dei cinque sistemi di pedopaesaggio con cui viene catalogato il territorio lombardo. Essi sono:

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

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

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

Nelle superfici del *sistema della piana fluvioglaciale e fluviale costituente il livello fondamentale della pianura (L)*, sono presenti suoli in genere evoluti (Haplustalfs), talvolta con profilo disturbato dall'erosione o dall'attività antropica. Solo localmente la presenza di depositi grossolani fin dalla superficie o la minore età delle superfici determinano suoli con caratteri meno evoluti (Ustochrepts). Il sistema L è rappresentato nell'area dal sottosistema LF, contraddistinto dalla presenza di un'idrografia organizzata di tipo meandriforme costituita esclusivamente da sedimenti fluviali fini, privi di pietrosità in superficie e di scheletro nel suolo ("bassa pianura sabbiosa"). Esso rappresenta le aree più stabili dal punto di vista geomorfologico, a bassa energia di rilievo e senza evidenze morfologiche particolari.

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

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

Nelle superfici del *sistema di paesaggio delle valli alluvionali (V)* è presente il sottosistema VT (valli alluvionali corrispondenti ai piani di divagazione dei corsi d'acqua attivi o fossili, rappresentanti il reticolo idrografico). I suoli sono moderatamente profondi e limitati da un substrato sabbioso (*Ustochrepts*).

In particolare, la vallecchia a fondo acuto del Colatore Lissone, situata nell'ambito del L.F.d.P. è caratterizzata, oltre che da basse pendenze (2-5%), da un substrato pedologico sabbioso o sabbioso-limoso. Sono presenti evidenze d'idromorfia dovute alla presenza di una falda transitoria profonda, legata alla morfologia ribassata.

Il territorio di Bascapè risulta essere intensamente coltivato. Agricoltura e allevamento sono rappresentate in particolare dalle produzioni di riso, cereali - quali mais - ed erbe da foraggio per l'allevamento bovino da latte e da carne.

2.7 CLIMATOLOGIA

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

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

Il territorio in esame presenta le caratteristiche di un clima *temperato umido ad estate calda*, di tipo *subcontinentale*, complessivamente caratterizzato dal punto di vista pluviometrico dalla presenza di due massimi e due minimi ben marcati, che caratterizzano la distribuzione delle precipitazioni nell'anno medio. Dei massimi il principale cade in autunno (ottobre-novembre), il secondario a maggio. I minimi sono posizionati nei mesi di gennaio e luglio. Il quantitativo annuo medio di precipitazioni risulta compreso tra i 900 e i 1000 millimetri.

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

Per quanto riguarda la piovosità, va infine rilevato come durante l'ultimo ventennio molti inverni sono stati caratterizzati da periodi particolarmente poveri di precipitazioni (in particolare gli inverni 1988-89 ed quelli dei primi anni 90). I dati relativi agli anni 1995-1996 indicherebbero in via di attenuazione questo fenomeno, in quanto si è assistito a un incremento delle precipitazioni. In particolare il gennaio 1996 risulta essere stato uno dei più piovosi del secolo (rifer. analisi delle serie storiche di Milano Brera).

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

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

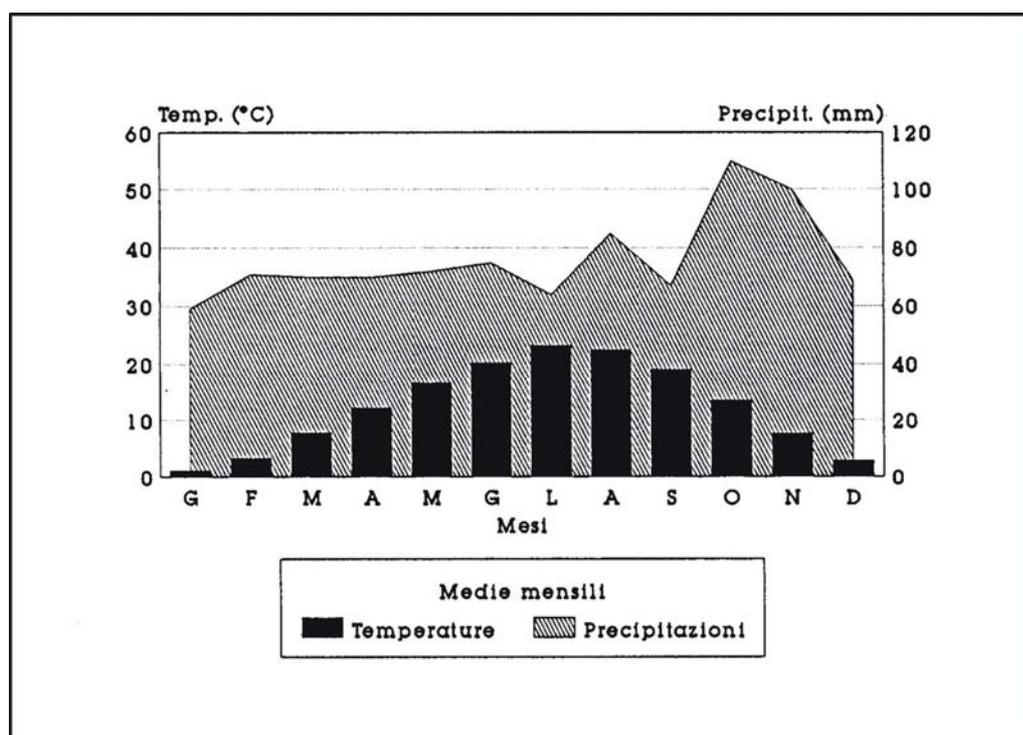


Fig. 2 Diagramma di Bagnols e Gausson. Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni per la stazione di Pavia, da ERSAL, 1996 - I SUOLI DEL PARCO DEL TICINO SETTORE MERIDIONALE -

3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

3.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE

L'area rilevata si colloca, da un punto di vista geografico fisico, in un ambito di media pianura, compreso fra la fascia attiva dei fontanili a Nord ("media pianura idromorfa") ed il corso del fiume Po a Sud ("bassa pianura sabbiosa").

Per quanto riguarda l'idrografia di superficie, l'elemento dominante è rappresentato dal Colatore Lissone, affluente di destra del Fiume Lambro (refer. Tav.3 "CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO"). Il Cavo Colatore Lissone, in base a quanto riportato dalle Carte Tecniche Regionali, si origina a Nord di Opera (MI), nella fascia dei fontanili che caratterizzano la pianura a Sud di Milano; attraversa il territorio comunale di Bascapè con andamento circa NW-SE e sfocia nel Lambro a Sant'Angelo Lodigiano.

La fascia di terreno a debole inclinazione presente lungo il corso del Colatore Lissone e l'assenza di veri e propri ripiani terrazzati, quali sono quelli presenti lungo l'alveo del fiume Lambro, testimonia della debole capacità erosiva e deposizionale che il corso d'acqua ha avuto nel passato. Storicamente non sono ricordati eventi d'esondazione legati al Colatore Lissone; anche durante gli eventi alluvionali del novembre 1994 e dell'ottobre 2000 non sono stati rilevati fenomeni esondativi degni di nota.



Il Colatore Lissone presso Bascapè

L'idrografia secondaria è rappresentata da una fitta rete di canali per lo più artificiali o artificializzati (rogge, colatori, cavi con funzione irrigua e/o di scolo per le acque meteoriche) a sviluppo per lo più parallelo e dotati di modeste portate, originati dall'emergenza delle risorgive che vengono poi incanalate, assumendo le dimensioni ed i caratteri di veri e propri corsi d'acqua (es: Cavo Lorini, Roggia Bescapera, Roggia Cardinala, Roggia Carpana).

Poiché è risaputa l'interdipendenza che può esistere tra acque superficiali e falda freatica, è importante osservare che comunque i suddetti canali, attivi per la massima parte dell'anno, non essendo rivestiti disperdono nel sottosuolo notevoli quantità d'acqua.

3.2 DETERMINAZIONE DEL RETICOLO IDRICO PRINCIPALE E MINORE

Con riferimento ai disposti delle seguenti delibere regionali:

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

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

La cartografia citata recepisce le informazioni riguardanti i corsi d'acqua definiti nello studio sul reticolo principale e minore di competenza comunale del Comune di Bascapè (dicembre 2004), adeguandolo alla normativa vigente.

In corrispondenza del territorio comunale di Bascapè non sono presenti corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico principale, di cui all'elenco delle acque pubbliche (Testo Unico n°1775/1933) ed individuati nella D.G.R. n°7/13950/03 -allegato A-

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

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

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

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

Per quanto riguarda i corsi d'acqua riportati in evidenza in Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO" ed appartenenti al reticolo idrico minore, essi risultano costituiti:

- dai canali del reticolo idrico di irrigazione / di miglioramento fondiario di competenza del Consorzio di Bonifica Est Ticino - Villorresi, ai sensi dell'art.10, comma 5 della L.R. 7/2003:

Torrente Colatore Lissone

- dai canali del reticolo idrico di irrigazione / di miglioramento fondiario già ricompresi nell'elenco di cui all'allegato D della D.G.R. 25/01/2002 n°7868, appartenenti alla rete irrigua distrettuale e di competenza dei diversi consorzi a gestione autonoma operanti all'interno del comprensorio (se presenti) e non compresi nell'elenco di cui alla D.G.R. 11/02/2005 n°7/20552 (reticolo idrico di competenza dei consorzi di bonifica):

Cavo Lorini

Roggia Bescapera

Roggia Cardinala

Roggia Carpana

- dagli irrigatori gestiti da aziende agricole private che derivano acqua da canali consortili.

<i>Cavo Borromeo</i>	<i>Roggia Capitania</i>
<i>Cavo Coirino</i>	<i>Roggia Catilina</i>
<i>Cavo Coriino</i>	<i>Roggia Coria</i>
<i>Cavo della Pila</i>	<i>Roggia Coriina 1a</i>
<i>Cavo di Volpera</i>	<i>Roggia Coriina 2a</i>
<i>Cavo Fiorenzino</i>	<i>Roggia di Villarossa</i>
<i>Cavo Paltano</i>	<i>Roggia Fiorenzina</i>
<i>Cavo Valerio</i>	<i>Roggia Giacometta</i>
<i>Colatore Bescapera</i>	<i>Roggia Grassa</i>
<i>Colatore della Roggia Coria</i>	<i>Roggia Lozzo</i>
<i>Colatore Gugnano Villarzino</i>	<i>Roggia Molina</i>

<i>Fontanile Basso</i>	<i>Roggia Mones</i>
<i>Fontanile Belcredi</i>	<i>Roggia Pestagalla</i>
<i>Fontanile di Villarossa</i>	<i>Roggia Salerana</i>
<i>Fuga del Cavo Valerio</i>	<i>Roggia Spazza Pozzo</i>
<i>Fuga del Molino</i>	<i>Roggia Stentata</i>
<i>Fuga delle Code</i>	<i>Roggia Viscontina</i>
<i>Fuga Roggia Grassa</i>	<i>Roggino Bragherio</i>
<i>Fuga Roggia Molina</i>	<i>Roggino Passalacqua</i>
<i>Roggia Bocca della Roggia Grassa</i>	<i>Roggino Passalacqua Pazzini</i>
	<i>Roggione del Guado</i>

Gli irrigatori gestiti da aziende agricole private privi di toponimo, sono stati indicati da un apposita sigla identificativa (*BAS*) e da una numerazione progressiva (*001 – 016*).

L'onere della manutenzione periodica spetta rispettivamente agli eventuali consorzi operanti all'interno del comprensorio ovvero agli utilizzatori (aziende agricole private).

L'esame delle mappe catastali ha inoltre evidenziato la presenza di alcuni colatori attualmente dismessi, per quanto catastalmente ancora individuabili:

Cavo Valerio

Fontanile Belcredi

Roggia Stentata

Detti colatori, per quanto catastalmente ancora individuabili e privi di toponimo, vengono indicati da un apposita sigla identificativa (*BAS*) e da una numerazione progressiva (*017 – 035*).

Le derivazioni terziarie ed i fossi di scolo secondari, comunque identificati in Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO", non vengono presi in considerazione ai fini della gestione delle funzioni di polizia idraulica, mantenendo l'onere della manutenzione periodica a carico dei singoli proprietari frontisti.

3.3 IDROGRAFIA SOTTERRANEA

3.3.1 ASSETTO IDROGEOLOGICO GENERALE DELL'AREA

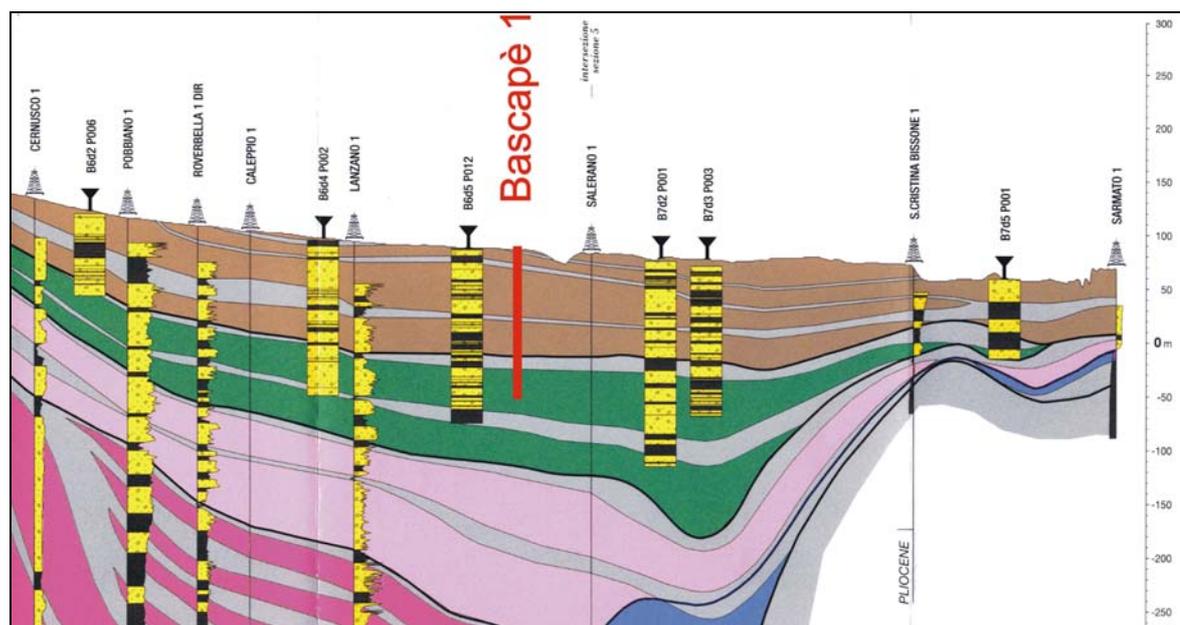
Nella zona in esame si realizzano condizioni favorevoli ad un'attiva circolazione idrica, con buone caratteristiche di trasmissività degli acquiferi, i quali, senza soluzione di continuità, si connettono con quelli presenti nelle zone più a Nord (territorio milanese). Queste condizioni geologiche sono ben documentate dalle stratigrafie dei pozzi presenti (refer. 'RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO COMUNALE – STRATIGRAFIE POZZI PER ACQUA').

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

In corrispondenza dell'area indagata e più in generale nel settore di pianura padana tra Landriano, Torrevecchia Pia, Bascapè e Cerro al Lambro (rifer. Figura 3 sottostante), le stratigrafie dei pozzi ad uso idropotabile utilizzate per il seguente lavoro ci permettono di caratterizzare in modo estremamente dettagliato il primo Gruppo Acquifero ("A"), attualmente sfruttato in Lombardia in modo intensivo, ancorché spesso interessato da fenomeni di inquinamento.

Il Gruppo Acquifero "A" presenta, in corrispondenza dell'area studiata, il suo limite basale ad una profondità di circa -85,00 metri dal piano campagna (tra Torrevecchia Pia e Bascapè), coincidente con la quota di 0,00 metri s.l.m., mentre si approfondisce a circa -97,00 metri dal piano campagna a Cerro al Lambro (coincidente con la quota di circa -10,00 metri s.l.m.).

In relazione alla ricarica diretta potenziale, la capacità protettiva dei suoli (dati ERSAL) risulta moderata.



-  Limite di Gruppo Acquifero o di importante Unità Stratigrafica
-  Limite tra Sistema Acquifero e Sistema Acquitardo
-  Limite acqua dolce/salmastrea
-  Barriera di permeabilità regionale



Fig.3

Sezione idrostratigrafica generale con indicato il pozzo "BASCAPÈ 1"
(tratta da: "GEOLOGIA DEGLI ACQUIFERI PADANI DELLA REGIONE LOMBARDIA"-REGIONE LOMBARDIA, ENI
DIVISIONE AGIP; 2002, modificata)

3.3.2 STRUTTURA IDROGEOLOGICA DI DETTAGLIO

Le stratigrafie disponibili dei pozzi idrici presenti in zona, fornite per la maggior parte dall'impresa di perforazione Negretti s.r.l. di Corteolona, hanno permesso sia di caratterizzare dal punto di vista litostratigrafico le successioni alluvionali presenti nel sottosuolo, sia di posizionare i diversi orizzonti acquiferi e di individuare i livelli a bassa permeabilità (acquicludes) in grado di isolare e separare gli acquiferi stessi. L'analisi ha riguardato in particolare gli acquiferi sfruttati ad uso idropotabile, di cui si è cercato di definire la geometria del tetto e del letto.

A tal fine in Tav.3 "CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO" vengono riportate le perforazioni con stratigrafia nota ubicate sia all'interno del territorio comunale di Bascapè (BASCAPÈ 1-2), sia quelle ricadenti in un adeguato intorno, significative per la ricostruzione della geometria degli acquiferi (TORREVECCHIA PIA 1-2, CASALETTO LODIGIANO 1).

I dati stratigrafici hanno evidenziato un'estrema variabilità sia laterale che verticale delle litofacies, tant'è che per la realizzazione della sezione si è cercato, in via semplificativa, di raggruppare i vari orizzonti in base al loro comportamento idrogeologico, distinguendo tra unità impermeabili e permeabili, evidenziate graficamente con colori diversi. Le unità così individuate sono state successivamente correlate tra loro al fine di evidenziare il numero e la geometria sia degli acquiferi presenti sia dei diaframmi impermeabili che li separano fisicamente. La ricostruzione effettuata permette in ultima analisi di verificare il grado di interdipendenza dei diversi orizzonti acquiferi.

Con riferimento ai dati disponibili (stratigrafia e posizionamento dei filtri), i pozzi esaminati risultano attraversare per intero il Gruppo Acquifero "A" ed attestarsi all'interno del Gruppo Acquifero "B"; a loro volta i filtri sono posizionati all'interno di più falde confinate appartenenti per lo più al Gruppo Acquifero "B", comprese tra le quote di -72,00 e -170,00 m dal p.c..

In merito all'alimentazione delle falde profonde oggetto di emungimento, è possibile ipotizzare che cospicui apporti di acqua avvengano attraverso un meccanismo di flusso lungo strato, con provenienza da zone più settentrionali, ubicate decisamente più a Nord dell'area oggetto di studio. Considerando, infatti, l'acclività degli acquiferi e della struttura geologica generale regionale, tale zona d'alimentazione dovrebbe essere collocata nell'Alto Milanese, dove affiorano vaste distese di depositi fluvio - glaciali.

Per quanto riguarda i terreni attraversati nel corso delle perforazioni ricadenti nel Gruppo Acquifero "A", essi sono costituiti dall'alternanza, sia in orizzontale che in verticale, di tipi litologici da permeabili -sabbie, ghiaie- o mediamente permeabili -sabbie limose o limoso - argillose- sino a decisamente impermeabili (argille). Ciò rende possibile la formazione di falde idriche di una certa importanza ed assicura alla zona un rifornimento idrico elevato.

All'interno del Gruppo Acquifero "A" s'individuano perciò, al di sotto di una prima falda libera superficiale, almeno tre falde confinate collocate all'interno di sedimenti sabbiosi e/o sabbioso-ghiaiosi, le quali hanno generalmente un comportamento artesiano, come rivelato dalle stratigrafie dei pozzi captati ricadenti all'interno dell'area esaminata. I livelli acquiferi in parola sono situati a profondità variabile da luogo a luogo.

Le falde confinate del Gruppo Acquifero "A" hanno estensioni localmente notevole e risultano di norma interdigitate o sovrapposte l'una sull'altra, per la presenza di diaframmi argillosi; questa situazione appare evidente anche dall'esame delle stratigrafie delle altre captazioni idropotabili esaminate. Tali acquiferi non possono essere equiparati a vere e proprie falde autonome, in quanto è stata verificata la loro reciproca dipendenza idrologica (rifer. "Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia"-Regione Lombardia, Eni divisione Agip; 2002).

Per quanto riguarda la prima falda libera superficiale, una rappresentazione dell'andamento delle curve freatiche a scala regionale, mette in evidenza un gradiente idraulico regolarmente decrescente da 0,5 a 0,2%, procedendo da Nord verso Sud, mentre tende a ricrescere avvicinandosi verso il Po.

A scala locale la prima falda libera superficiale mostra un asse preferenziale di deflusso sempre orientato NW-SE, con un gradiente dello 0,3% (rifer. Tav.3).

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

3.3.3 PIEZOMETRIA

Il livello della falda freatica, contenuta in un primo acquifero superficiale limitato inferiormente da un orizzonte impermeabile continuo e ben correlabile (acquicludes), oscilla fra i -0.90 metri e -2.00 metri dal piano di campagna (rifer. stratigrafie trincee geognostiche T1-T6; misure eseguite al momento degli scavi in data 15 giugno 2005), per quanto le sue variazioni risultano per lo più legate ai cicli stagionali di sommersione / svuotamento dei campi e quindi alle colture agrarie.

L'alimentazione degli orizzonti più superficiali in linea di massima avviene quindi attraverso un processo di percolazione, a cui concorrono attivamente le irrigazioni.

In questo primo corpo acquifero le direttrici di deflusso dominanti sono assimilabili a quelle dell'idrografia di superficie, incentrata sull'alveo del Fiume Lambro, per quanto essenziale si rivela il ruolo svolto dalla distribuzione dei sedimenti argillosi di base, i quali rappresentano il più importante dei fattori in grado di condizionare le caratteristiche idrauliche della falda freatica.

3.4 CLASSI DI PERMEABILITÀ

In relazione alla notevole varietà litologica superficiale, così come evidenziato dai dati raccolti nel corso dell'indagine, per una preliminare zonazione del territorio comunale in classi di permeabilità riferite ai livelli superficiali di terreno - substrato pedologico - (rifer. Tav.3), ci si riferisce alla descrizione delle singole unità cartografiche di suolo riportate nel Progetto Carta Pedologica - Volume "I SUOLI DELLA PIANURA PAVESE CENTRALE" - E.R.S.A.L. 2001 Serie SSR n°33.

In base all'analisi delle descrizioni riportate nel testo sopraccitato, si possono individuare in via semplificativa due aree omogenee dal punto di vista della permeabilità:

AREE A PERMEABILITÀ MEDIO - ALTA

Corrispondenti alle seguenti sottunità di cui alla Tav.2 "CARTA PEDOLOGICA":

LF2.3 Superfici che rappresentano le aree prossime alle linee di canale dell'antico sistema fluviale, di forma nastriforme e talvolta lievemente concave, a substrato prevalentemente sabbioso o sabbioso-ghiaioso;

VT4.1 Vallecola a fondo acuto del Colatore Lissone, situata nell'ambito del L.F.d.P.. Le pendenze sono basse (2-5%) e il substrato è sabbioso o sabbioso-limoso.

AREE A PERMEABILITÀ MEDIA

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

LF2.1 Superfici che rappresentano le aree di divagazione dell'antico sistema fluviale, a substrato prevalentemente sabbioso.

LF2.2 Superfici che rappresentano le aree modali dell'antico sistema fluviale. I depositi sono sabbioso-limosi.

LF2.4 Superfici di transizione verso le depressioni del preesistente sistema fluviale a meandri situate tra Bascapè e Villanterio, a substrato limoso e talvolta sabbioso, non calcareo.

LF3.1 Superfici lievemente depresse. I depositi sono limo-sabbiosi.

3.5 VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI SFRUTTATI AD USO IDROPOTABILE

La verifica riguarda il pozzo "BASCAPÈ 1", attualmente utilizzato ad uso idropotabile.

Le valutazioni vengono eseguite con riferimento al modello idrogeologico individuato (rifer. Cap.3.3) e riferite alla prima falda emunta, utilizzando il metodo proposto da "De Luca D.A. & Verga G."

La metodologia adottata porta all'individuazione di tre differenti tipi di vulnerabilità:

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

La vulnerabilità verticale di un acquifero rappresenta la facilità con cui esso può essere raggiunto da un inquinante immesso alla superficie del suolo. La vulnerabilità così definita è legata essenzialmente alla litologia, allo spessore ed alla permeabilità degli strati sovrastanti l'acquifero.

Il parametro più significativo a quantificarne il grado è rappresentato dal tempo di arrivo di un eventuale inquinante dalla superficie del suolo al tetto dell'acquifero.

Il tempo di arrivo può essere calcolato secondo la relazione:

$$t_a = b/v_i$$

dove:

t_a = tempo di arrivo (giorni)

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

K = velocità di infiltrazione (m/sec)

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

Nel caso specifico otteniamo:

Pozzo Bascapè 1	b		K	t_a	
strato n°	Spessore (m)	Tipo di materiale	Permeabilità (m/sec)	Tempo di arrivo (giorni)	
1	2,00	terreno sabbioso	0,0001	0,23	
2	15,00	argilla	0,000000001	173611,11	
3	2,00	sabbia fine	0,0001	0,23	
4	1,00	argilla	0,000000001	11574,07	
5	11,00	sabbia limosa	0,00005	2,55	
6	3,70	sabbia molto fine	0,00001	4,28	
7	15,30	argilla	0,000000001	177083,33	
Spessore totale	50,00		Σ tempi di arrivo	362275,81	giorni
			Σtempi di arrivo	992,54	anni

La sommatoria teorica di tutti i tempi di arrivo è risultata corrispondere a circa 992 anni.

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

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

La vulnerabilità orizzontale, invece, rappresenta la facilità con cui l'acquifero può diffondere un eventuale inquinante che l'abbia raggiunto; in tale fase la propagazione dell'inquinante avviene attraverso un percorso prevalentemente orizzontale lungo la direzione di deflusso della falda acquifera. Il concetto di vulnerabilità orizzontale di un acquifero esprime quindi, la sua capacità di diffondere l'inquinante stesso una volta che questo abbia raggiunto la falda acquifera.

Uno dei parametri che meglio può quantificare la vulnerabilità orizzontale così definita è rappresentato dalla velocità di deflusso delle acque sotterranee. All'aumentare, infatti, della velocità di deflusso sotterraneo, aumenta la velocità di propagazione di un eventuale inquinante e diminuisce la capacità di autodepurazione dell'acquifero. La velocità di deflusso delle acque sotterranee può essere determinata sperimentalmente con la seguente relazione:

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

dove:

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

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

i = gradiente idraulico dell'acquifero confinato artesiano, stimato pari a 0.0003 (adimensionale);

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

Nel caso in esame, considerando il gradiente idraulico tra la captazione ed il limite definito dal suo raggio d'influenza in pompaggio permanente a pieno regime e le valutazioni di carattere idrogeologico, la velocità teorica di deflusso risulta pari a 0,00662 Km/anno.

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

VELOCITA' (Km/anno)	VULNERABILITA' ORIZZONTALE
< 10⁻³	Molto bassa
Da 10 ⁻³ a 10 ⁻¹	Bassa
Da 10 ⁻¹ a 1	Media
Da 1 a 10	Alta
Da 10 a 10 ²	Elevata
> 10 ²	Molto elevata

La vulnerabilità complessiva rappresenta, infine, la suscettività di un acquifero a ricevere e diffondere un inquinante. Tiene quindi conto sia della vulnerabilità verticale, sia della vulnerabilità orizzontale. La vulnerabilità totale risulta direttamente proporzionale alla velocità di flusso ed inversamente proporzionale al tempo di arrivo di un eventuale inquinante.

Essa può quindi essere quantizzata tramite la seguente relazione:

$$VC = Ve / ta$$

dove:

VC = vulnerabilità complessiva (Km/anno²)

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

ta = tempo di arrivo dell'inquinante (anni)

Considerando che gli Autori hanno distinto sei classi a vulnerabilità complessiva crescente, in base al rapporto tra la velocità di deflusso delle acque sotterranee ($Ve = 6,6 \times 10^{-3}$ Km/anno) ed il tempo teorico di arrivo in falda di un eventuale inquinante ($ta = 992$ anni), otteniamo una VC pari a $6,6 \times 10^{-6}$ Km/anno².

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

VULNERABILITA' COMPLESSIVA	
< 10⁻³	Molto bassa
Da 10 ⁻³ a 10 ⁻²	Bassa
Da 10 ⁻² a 10 ⁻¹	Media
Da 10 ⁻¹ a 10	Alta
Da 10 a 10 ³	Elevata
> 10 ³	Molto elevata

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

4.1 PREMESSA

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

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

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

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

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

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

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

In estrema sintesi le onde sismiche possono essere così distinte:

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

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

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

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

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

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

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

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

Figura 4 - Tabella comparativa Grado Richter – Grado M.C.S.

4.1.1. PERICOLOSITÀ, VULNERABILITÀ E RISCHIO

PERICOLOSITÀ SISMICA

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

In termini schematici si può parlare di:

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

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

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

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

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

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

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

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

Per quanto concerne lo studio della *PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE*, sono state avviate numerose attività di ricerca, la più importante delle quali ha portato nell'aprile 2004 alla redazione della nuova *Carta della pericolosità sismica del territorio italiano* (Fig.5), unitamente al relativo rapporto tecnico-scientifico (http://zonesismiche.mi.ingv.it/mappa_ps_apr04/italia.html).

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

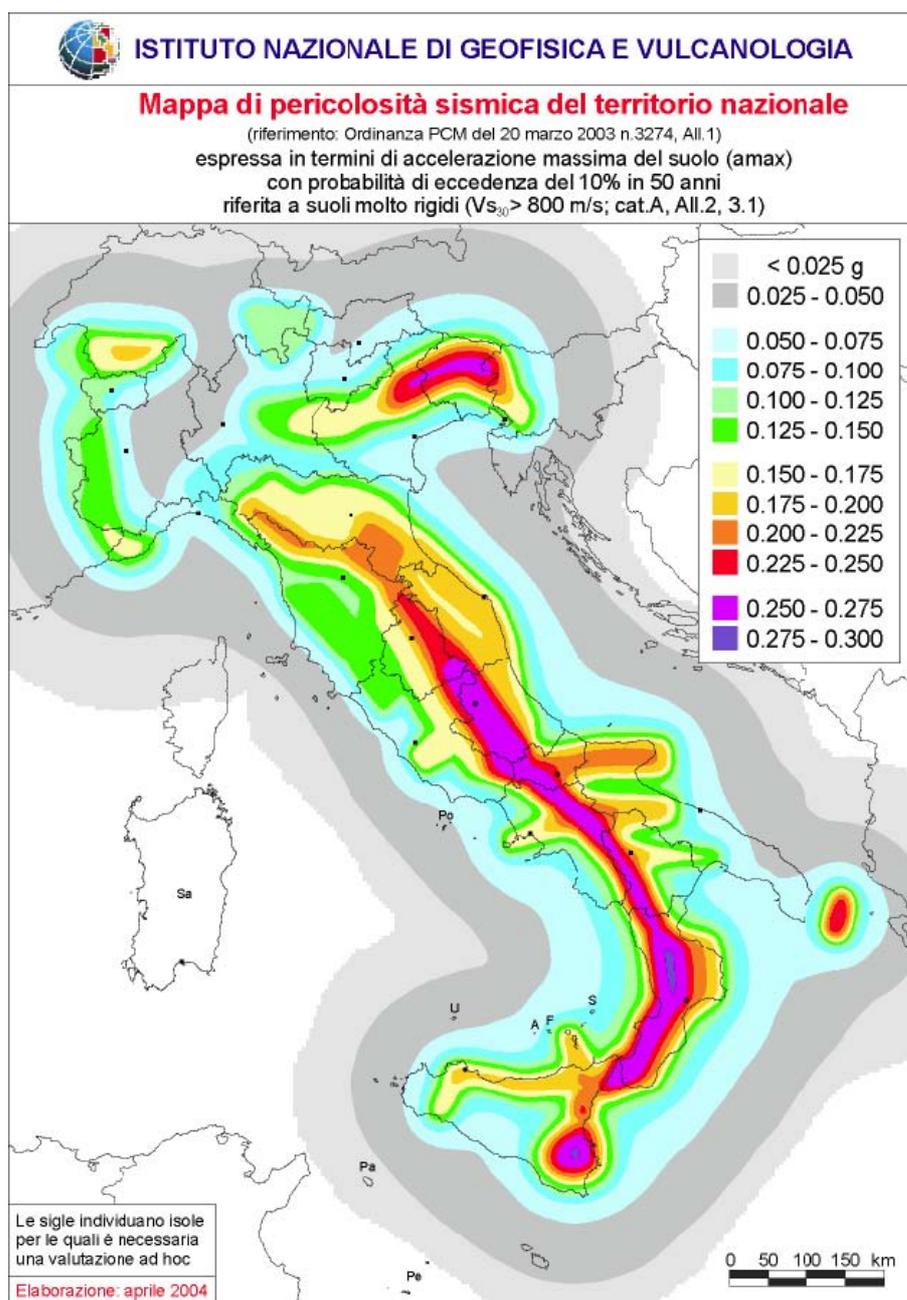


Figura 5 - *Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV, aprile 2004)*

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

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

Dall'esame della mappa di dettaglio per la Regione Lombardia (Fig. 6), si può osservare che la Provincia di Pavia è ricompresa in valori di a_{max} mediamente bassi ($0.025 \text{ g} < a_{max} < 0.125 \text{ g}$).

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

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

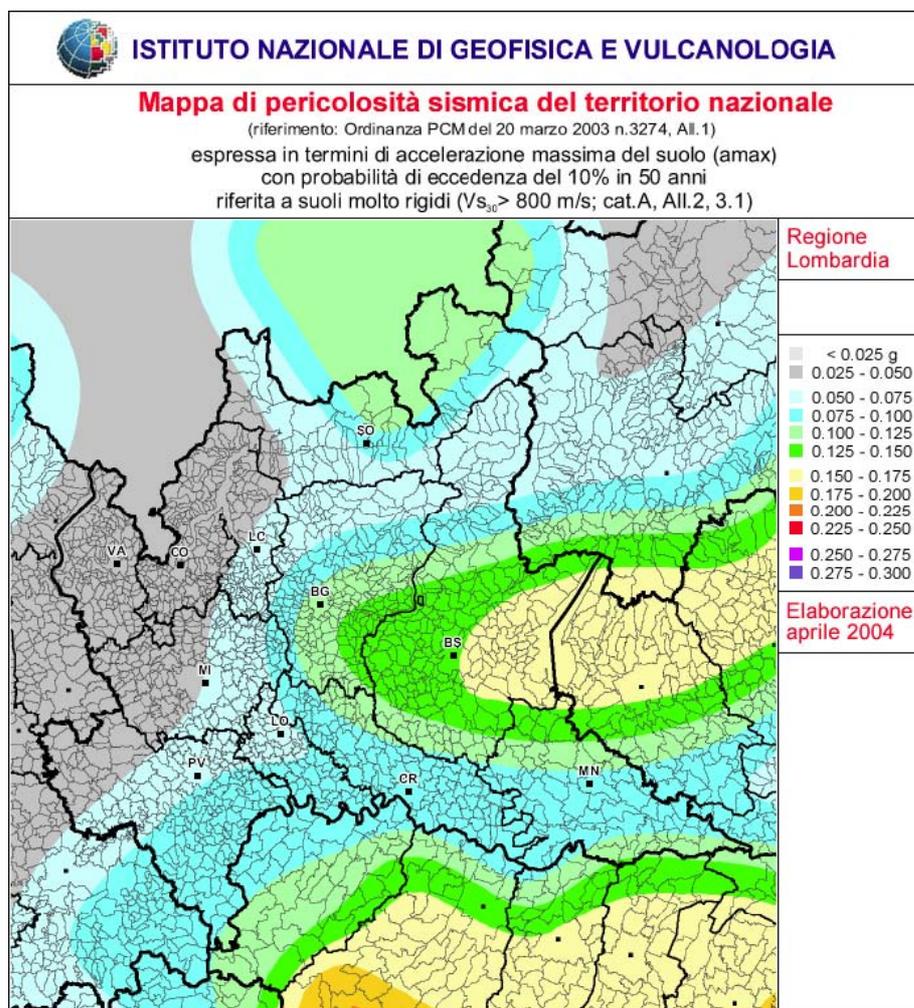


Figura 6 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale.
 Dettaglio per la Regione Lombardia (INGV, aprile 2004)

VULNERABILITÀ SISMICA

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

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

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

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

Tra i principali elementi fisici della vulnerabilità vanno ricordati:

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

RISCHIO SISMICO

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

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

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

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

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

In cui:

Pr *pericolosità di riferimento*

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

Pl *pericolosità locale*

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

Eu *esposizione urbana*

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

Vs *vulnerabilità del sistema urbano*

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

4.2 INFORMAZIONI RELATIVE ALLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO COMUNALE DI BASCAPÈ (PV)

4.2.1 DATI STORICI

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

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

Più in dettaglio sono stati esaminati:

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

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

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

La tabella della storia sismica è ordinabile per intensità al sito (I_s) ovvero per anno di accadimento del fenomeno. La stessa tabella è salvabile in formato MS Excel.

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

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

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

Entrambi gli strumenti sono stati impiegati da appositi gruppi di lavoro per la redazione di studi fondamentali, quali la "*Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani*" (Fig. 7) e la "*Mappa di pericolosità sismica*" di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche.

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

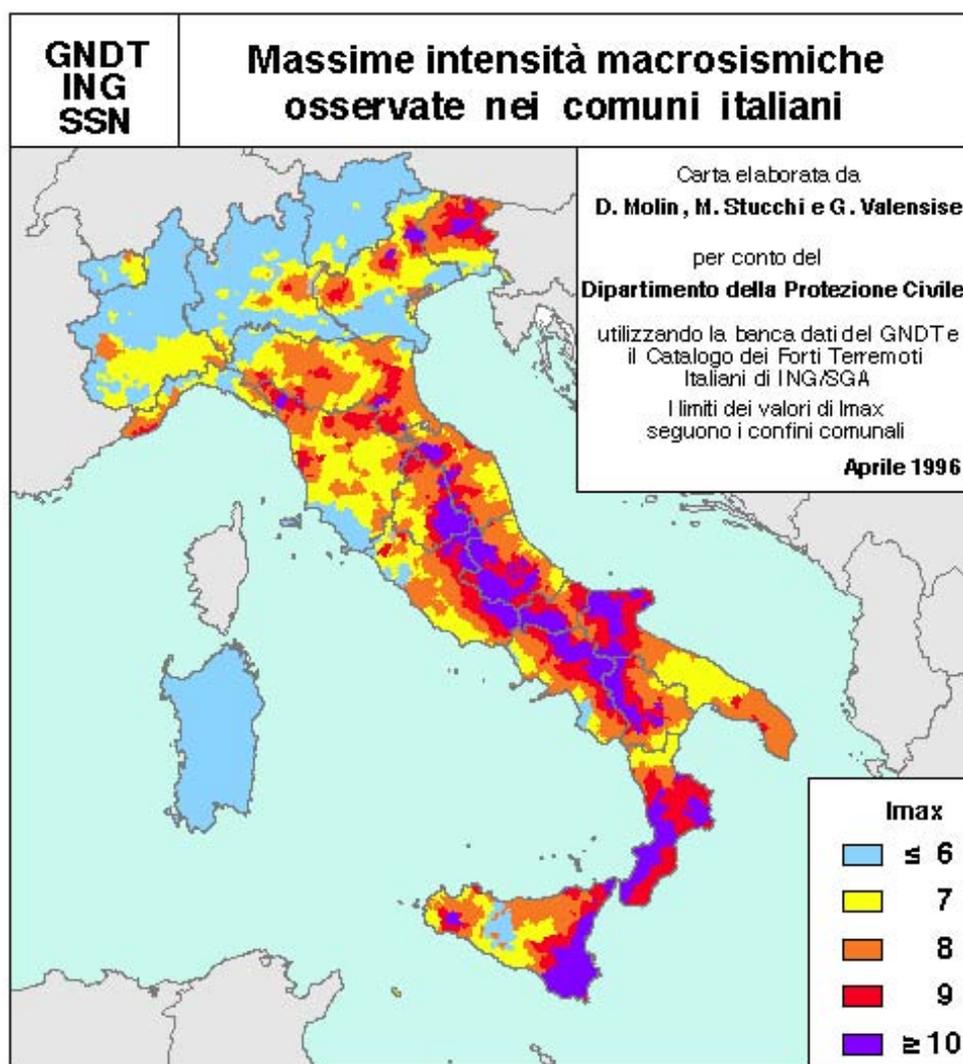


Figura 7 - Massime intensità Macrosismiche osservate in Italia (Fonte I.N.G.V.)

In Figura 8 è riportata la situazione in dettaglio per quanto riguarda le massime intensità macrosismiche osservate in Lombardia. Trattandosi di un elaborato che utilizza i limiti comunali quale cella unitaria, l'aspetto a "macchie di leopardo" che ne deriva, necessita di un'interpretazione elastica alla luce delle conoscenze geologico - morfologiche e tettonico - strutturali che sono alla base del fenomeno sismico.

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

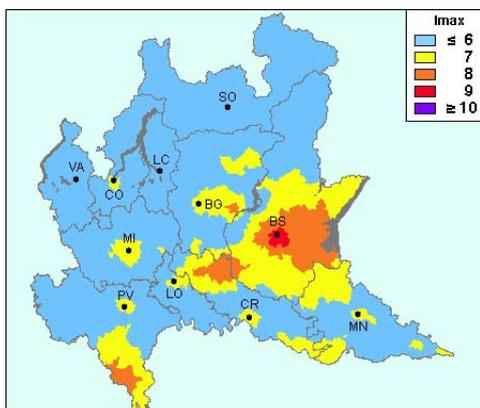


Figura 8
 Massime intensità macrosismiche registrate in Lombardia (fonte INGV)

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

Consultando il Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani (DBMI04) per località (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/consultazione/localita.php?visualizzazione=bitmap>) non sono emerse osservazioni relative al Comune di Bascapè. Vista la sua collocazione geografica si ritiene, per le finalità del presente lavoro, di poter assumere quali osservazioni di riferimento quelle citate nel Database e riferite al comune di Melegnano (MI).

La storia sismica dell'areale di Bascapè è segnalata a partire dal 1905, con 5 osservazioni accertate (Fig. 9), tra cui l'evento massimo rappresentato dal terremoto del 7 settembre 1920, con area epicentrale nella Garfagnana. A quelli elencati potrebbe essere ragionevolmente aggiunto anche il recente sisma del 24.11.2004 che ha avuto come epicentro la zona di Salò, sulla sponda bresciana del Lago di Garda. Tutti gli eventi documentati negli ultimi 1000 anni non hanno mai raggiunto nel pavese la soglia dell'8° grado della scala MCS, anche se nelle rispettive zone epicentrali questi effetti sono stati abbondantemente superati.

Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
NF	1905	04	29	01	46	Alta Savoia	267	7-8	5.79
4	1920	09	07	05	55	Garfagnana	638	10	6.48
3	1960	03	23	23	08	Vallese	178	6-7	5.36
3-4	1968	06	18	05	27	BARD	60	6	5.18
4	1972	10	25	21	56	PASSO CISA	198	5	4.95

Fig. 9 - Elenco dei terremoti in cui risulta citata la località di Melegnano (MI)

Is Intensità al sito (MCS) Np Numero dei punti di intensità
 Ix Intensità epicentrale (MCS) Mw Magnitudo momento

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

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

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

Tabella 1 - Osservazioni sismiche a Pavia

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

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

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

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

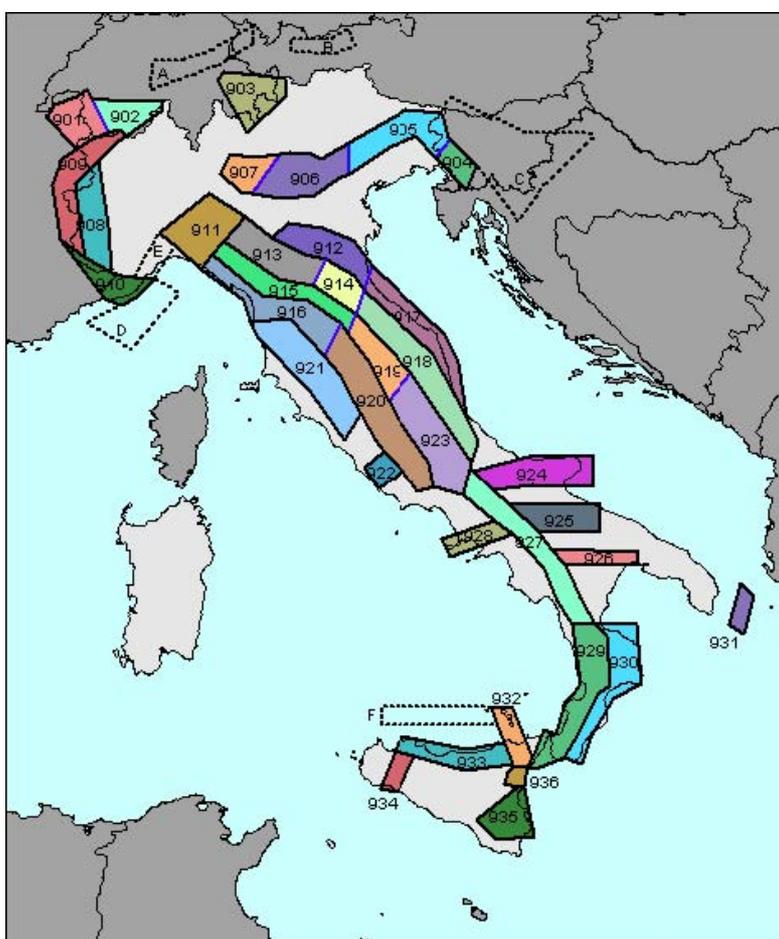


Figura 10

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

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

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

4.3 QUADRO NORMATIVO NAZIONALE E REGIONALE

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

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

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

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

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

A partire dal 1 Luglio 2009 l'unica normativa tecnica di riferimento per le costruzioni è il Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14/01/08, in seguito alla pubblicazione Sulla Gazzetta Ufficiale n°147 del 27/6/2009 - Suppl. Ordinario n°99 della legge di conversione 24 giugno 2009, n°77 «Interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici nella regione Abruzzo nel mese di aprile 2009 e ulteriori interventi urgenti di protezione civile» che, fra le altre, contiene la disposizione che fissa al 1° luglio 2009 l'inizio della vigenza esclusiva del D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" per tutte le tipologie di opera.

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

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

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

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

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

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

Tabella 2

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

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

Secondo la nuova classificazione i 190 comuni della Provincia di Pavia risultano così distribuiti: nessun comune ricade nella zona 1, un solo comune ricade nella zona 2, 16 comuni risultano compresi nella zona 3 ed i restanti 173 comuni sono attribuiti alla zona 4.

La vecchia classificazione (D.M. 5 Marzo 1984) comportava invece che nessun comune ricadesse nelle zone a grado di sismicità alto e basso (caratterizzate rispettivamente da $S = 12$ e $S = 6$), mentre un solo comune ricadeva nella zona a grado di sismicità medio ($S = 9$).

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

Tabella 3A

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

Rischio sismico: classificazione del territorio	Classificazione Precedente (D.M. 5 marzo 1984)	Classificazione a seguito dell'entrata in vigore dell' O.P.C.M. 3274/03
Comuni della Provincia di Pavia ricadenti in zona 2 e zona 3 a seguito dell'entrata in vigore dell'O.P.C.M. 3274/03	Categoria	Zona
1. Bagnaria	N.C.	3
2. Borgoratto Mormorolo	N.C.	3
3. Brallo di Pregola	N.C.	3
4. Cecima	N.C.	3
5. Fortunago	N.C.	3
6. Godiasco	N.C.	3
7. Menconico	N.C.	3
8. Montesegeale	N.C.	3
9. Ponte Nizza	N.C.	3
10. Rocca Susella	N.C.	3
11. Romagnese	N.C.	3
12. Ruino	N.C.	3
13. Santa Margherita di Staffora	N.C.	3
14. Val di Nizza	N.C.	3
15. Valverde	N.C.	3
16. Varzi	2	2
17. Zavattarello	N.C.	3

Tabella 3B

*Comuni della Provincia di Pavia ricadenti in zona 2 e zona 3
 a seguito dell'entrata in vigore dell'O.P.C.M. 3274/03*

4.3.1 AZIONE SISMICA - CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.3.2 AZIONE SISMICA - ZONE SISMICHE

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

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

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

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

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

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

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

Categoria suolo	S	TB	TC	TD
A	1,0	0,15	0.40	2.0
B, C, E	1,25	0.15	0.50	2.0
D	1,35	0.20	0.80	2.0

Valori dei parametri dello spettro di risposta elastica della componente orizzontale

Categoria suolo	S	TB	TC	TD
A, B, C, D, E	1,0	0,05	0.15	1.0

Valori dei parametri dello spettro di risposta elastica della componente verticale

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

4.4 METODOLOGIA UTILIZZATA PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI SISMICI DI SITO

In adempimento a quanto previsto delle predette normative nazionali, la Regione Lombardia con D.G.R. n°8.1566.2005 del 22.12.2005 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n°12", ha individuato una apposita metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, fondata sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione regionali, i cui risultati sono contenuti in uno "Studio – Pilota" redatto dal Politecnico di Milano – Dip. di Ingegneria Strutturale, reso disponibile sul SIT regionale.

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

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

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

Comune di BASCAPÈ Valori di soglia del Fattore di Amplificazione (Fa)	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s	1,40	1,80	2,20	1,90
VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s	1,70	2,40	4,10	3,00

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

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e per le zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1a, Z1b, Z1c, Z2 e Z5 della Tabella 4) non è prevista l'applicazione degli studi di 2° livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello, come specificato al punto successivo.

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

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

Il 3° livello è obbligatorio anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

Gli approfondimenti di 2° e 3° livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica. Nella Tabella 6 vengono sintetizzati gli adempimenti e le tempistiche in funzione della zona sismica di appartenenza.

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

Tabella 4

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

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

Per il *Comune di Bascapè*, ricadente in *zona sismica 4* (quella a minor grado di sismicità, definita come "bassa sismicità"), la D.G.R. 22 dicembre 2005, n°8/1566 prevede obbligatoriamente, in fase pianificatoria, l'applicazione del primo livello di approfondimento. Esso consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti. Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di:

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

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

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

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

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

<i>Sigla</i>	COMUNE DI BASCAPÈ' SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI SISMICI LOCALI
Z4(A)	Zona con prevalenza di depositi alluvionali granulari (Piano Generale Terrazzato a Nord del fiume Po)	Amplificazioni litologiche e geometriche

Tabella 5

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

Nella fase di redazione della CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL), l'unico scenario presente *Z4(A)* è stato rappresentato con elementi areali. Lo scenario di PSL individuato con l'analisi di primo livello è stato riportato con l'apposito retino trasparenti nella Tavola n°8 "CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO COMUNALE", assegnando le prescrizioni opportune, con specifico riferimento a quanto riportato al paragrafo 2.6 "Normativa sismica del territorio comunale di Casorate Primo" delle *Norme geologiche di Piano*.

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

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

<i>Sigla</i>	COMUNE DI BASCAPÈ' SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA
Z4(A)	Zona con prevalenza di depositi alluvionali granulari (Piano Generale Terrazzato a Nord del fiume Po)	H2 – livello di approfondimento 2°

Tabella 6

Comune di Bascapè - Classi di pericolosità sismica per ogni scenario di pericolosità sismica locale

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

il **2° livello di approfondimento** permetterà la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione (zona *Z4(A)*), di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici.

il **3° livello di approfondimento** permetterà la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi per le sole aree in cui la normativa nazionale risulta inadeguata.

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

5.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

In questo capitolo sono riportati alcuni dati - a carattere generale e di interesse pratico -, riguardanti le caratteristiche geotecniche e fisico - meccaniche dei terreni superficiali.

Per la caratterizzazione del suolo e del primo sottosuolo del territorio del Comune di Bascapè si è proceduto, contestualmente alla mappatura dei pozzi per acqua ad uso idropotabile, alla raccolta e alla rielaborazione dei dati relativi alle indagini geologico - geotecniche eseguite a supporto degli interventi edilizi realizzati, recuperati presso l'ufficio Tecnico del Comune di Bascapè (refer. "RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO COMUNALE – STRATIGRAFIE POZZI PER ACQUA").

I dati raccolti si riferiscono a n°6 prove penetrometriche statiche (CPT_01-06), a n°7 prove penetrometriche dinamiche (DCPT_01-07) e a n°6 trincee geognostiche esplorative (T_01-06), queste ultime commissionate dallo scrivente al Comune di Bascapè ed eseguite in aree significative non coperte da altre indagini svolte in precedenza (per l'ubicazione refer. Tav.5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO").



*Trincea geognostica T1
Esecuzione prova scissometrica (vane test) lungo la parete dello scavo della trincea*



Trincea geognostica T2

Scavernamento della parete di scavo al passaggio tra sabbie limose e sabbie grossolane sotto falda

Nei diagrammi e tabulati allegati (riferimento "RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO COMUNALE – STRATIGRAFIE POZZI PER ACQUA"), oltre all'elaborazione dei valori di resistenza, per le prove penetrometriche statiche (CPT_01-06) sono state fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni esplorati, sulla base dei valori delle resistenze di punta "Rp" e laterali "Rl" e del rapporto Rp/Rl (Begemann 1965) oppure del rapporto FR = Rl/Rp (Schmertmann, 1978).

In particolare le prove penetrometriche statiche risultano approfondite fino ad massimo di 11,50 metri dal piano campagna; in corrispondenza delle prove è stata rinvenuta la falda freatica ad una profondità compresa tra -1,25 e -1,75 metri dal p.c..

Dalla rielaborazione dei diagrammi delle prove penetrometriche statiche CPT_01-06 e alle evidenze relative alle trincee geognostiche esplorative (T_01-06), è stato possibile individuare, per confronto con depositi analoghi già studiati in termini di proprietà indici e resistenza al taglio, i seguenti parametri geotecnici di riferimento:

Sabbie e ghiaie	La resistenza al taglio del terreno è condizionata dalla presenza/assenza di acqua; la portanza dei terreni è influenzata dal grado di addensamento, dall'eterogeneità granulometrica e dalle oscillazioni della falda acquifera. Peso di volume umido $\gamma = 1,95 \text{ t/m}^3$ Resistenza al taglio in condizioni drenate: $\Phi' = 28^\circ \div 32^\circ$ (sabbie) $\Phi' = 35^\circ \div 40^\circ$ (ghiaie) $C' = 0$
Argille	Parametri geotecnici variabili in funzione del contenuto d'acqua e della composizione mineralogica ma comunque scadenti, sia in termini di resistenza al taglio non drenata che di compressibilità. Peso di volume umido $\gamma = 1,75 \text{ t/m}^3$ Resistenza al taglio in condizioni drenate: $\Phi_u = 0^\circ$ $C_u = 2 \div 4 \text{ t/m}^2$

Va infine rilevato che le considerazioni sopra riportate fanno riferimento a indagini eseguite su larga maglia, quindi, considerata la variabilità litologica caratteristica dei terreni alluvionali in genere, è possibile che le estrapolazioni operate non risultino esattamente corrispondenti alla situazione riscontrabile in sito per ogni singolo intervento edilizio futuro.

5.2 GRADO DI PROTEZIONE DELL'ACQUIFERO SFRUTTATO AD USO IDROPOTABILE

Con riferimento a quanto descritto al capitolo 3 ed in particolare al paragrafo 3.5, esaminando la stratigrafia del pozzo BASCAPÈ 1, utilizzato ad uso idropotabile, si nota la presenza, fino a -50,00 metri dal p.c., di livelli a diversa permeabilità, facenti parte del Gruppo Acquifero "A", sovrastanti il primo acquifero oggetto di sfruttamento. In relazione ai dati relativi a spessore, caratteristiche litologiche, composizione granulometrica e grado di permeabilità dei terreni sovrastanti il primo acquifero sfruttato, si è tentato di fornirne una valutazione preliminare di carattere applicativo del grado di protezione.

Nel complesso, al fine della protezione delle acque sotterranee, dai dati raccolti (considerando quindi anche le stratigrafie delle altre captazioni censite), emerge che il territorio studiato è dotato di depositi superficiali (da piano campagna sino alla quota di emungimento della falda) dati dall'alternanza, sia in orizzontale che in verticale di tipi litologici da permeabili -sabbie, ghiaie- o mediamente permeabili -sabbie limose o limoso - argillose- sino a decisamente impermeabili (argille). In relazione ai parametri sopra indicati, lo studio ha condotto all'individuazione, nell'ambito del territorio comunale, di un'unica area con elevato grado di protezione dell'acquifero principale sfruttato ad uso idropotabile, evidenziata con apposita retinatura in Tav.5.

Va in ogni caso sottolineato come il grado di protezione, così come deducibile dai dati disponibili, può tuttavia subire locali variazioni dovute da una parte a modifiche della composizione granulometrica dei sedimenti di copertura (aumento/diminuzione del rapporto sabbia/argilla), dall'altra dalla discontinuità dello spessore dei terreni di copertura superficiali.

6. ZONAZIONE DEL TERRITORIO - METODOLOGIA UTILIZZATA

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

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

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

6.1 CARATTERISTICHE DI VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI

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

- tipo e grado di permeabilità dei depositi: ad essi va ricondotta la velocità di percolazione degli inquinanti e l'azione eventuale di attenuazione dei loro effetti;
- tipo e spessore delle coperture a granulometria fine e con bassa permeabilità (argille e limi), che costituiscono elementi di protezione degli acquiferi sottostanti;
- eventuale presenza di livelli ghiaioso - sabbiosi intercalati nella coltre di copertura, elementi che favoriscono la diffusione di sostanze inquinanti.

In Tavola n°7 "CARTA DI SINTESI", attraverso la valutazione dei dati raccolti si è quindi giunti all'individuazione, nell'ambito del territorio comunale di Bascapè, di un'unica area a grado di vulnerabilità idrogeologica *basso* o *nullo*, evidenziata con apposita retinatura e colorazione. Il metodo utilizzato definisce una vulnerabilità di tipo intrinseco, quindi asettica rispetto al tipo di attività antropiche presenti sul territorio.

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

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

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

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

- Aree a diverso grado di vulnerabilità idrogeologica (*) dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile nei confronti di potenziali agenti inquinanti liquidi o idroveicolati
 - GRADO DI VULNERABILITÀ BASSO O NULLO
- (*) valutato in relazione ai dati relativi a spessore, caratteristiche litologiche, composizione granulometrica e grado di permeabilità dei terreni sovrastanti il primo acquifero sfruttato ad uso idropotabile
- Ambiti di cava attivi come perimetrati nello strumento di pianificazione provinciale
- Aree precedentemente scavate / cave dismesse (refer. Catasto Cave Cessate - P.C.P. Provincia di Pavia - marzo 2004)

Aree che potenzialmente possono presentare problematiche di tipo geotecnico

- Aree lievemente depresse della pianura alluvionale, corrispondenti alla divagazione di corsi d'acqua in epoca storica e protostorica – Valle del Colatore Lissone

6.3 ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI D'INGRESSO

La Tavola n°8 "CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO COMUNALE", è desunta dalla carta di sintesi attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono, con un automatismo come specificato nella Tabella 7.

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

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

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

<i>Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico</i>	
Aree a grado di vulnerabilità idrogeologica BASSO o NULLO (*)	1
Ambiti di cava attivi come perimetrati nello strumento di pianificazione provinciale	3
Aree precedentemente escavate (cave dismesse)	3
<i>Aree che potenzialmente possono presentare problematiche di tipo geotecnico</i>	
Aree lievemente depresse della pianura alluvionale , corrispondenti alla divagazione di corsi d'acqua in epoca storica e protostorica – Valle del Colatore Lissone	2

Tabella 7 *Classi di ingresso dei poligoni individuati nella carta di sintesi*

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

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

Le porzioni di territorio esterne ai poligoni individuati mediante le procedure precedentemente descritte e/o ricomprese in Aree a grado di vulnerabilità idrogeologica BASSO o NULLO (classe di ingresso 1) corrispondono ad areali per i quali sono state comunque individuate parziali limitazioni alla modifica dell'uso dei terreni dal punto di vista geologico, con riferimento alle *Norme geologiche di Piano* – sottoclassi di fattibilità 2A, 2B e 3A. Tali aree sono pertanto anch'esse soggette all'applicazione del D.M. 14 gennaio 2008.

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

Stradella, marzo 2013

Il Professionista Incaricato
Dott. Geol. Daniele Calvi

BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

- AGIP (1973) - *Acque dolci sotterranee*. Inventario dei dati raccolti dall'Agip durante la ricerca di idrocarburi in Italia. 914 pp., Grafica Palombi, Roma.
- ARIATI E., COTTA RAMUSINO S., PELOSO G.F. (1988) - *La struttura del Colle di San Colombano al Lambro: riflessi idrogeologici e caratteristiche chimiche della falda freatica* Università degli Studi Pavia, 1987 in CASATI P. Acque Sotterranee di Lombardia, 97-114. Nuova Brianza Ed. Renate (MI).
- BARTOLINI C. ET ALII (1982) - *Carta neotettonica dell'Appennino settentrionale. Note illustrative*. Boll. Soc. Geol. It, 101, 523-549.
- BEATRIZZOTTI G., BELLINZONA G., BELTRAMI G., BONI A., BRAGA G., MOSNA S. (1965) - *Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000, Foglio 59 "PAVIA"* II edizione, Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- BONI A. (1967) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio 59 PAVIA*. Nuova Tecnica Grafica, 1-68 Roma.
- BONI A., BONI P., PELOSO G.F. & GERVASONI S. (1980) - *Dati sulla neotettonica del foglio Pavia (59) e di parte dei fogli Voghera (71) ed Alessandria (70)*. Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, CNR - Progetto Finalizzato geodinamica - Sottoprogetto Neotettonica, parte III, Pubbl. 356, pp. 1199-1244, Napoli.
- BONI, A. (1980) - *Geologia e sismicità del Territorio pavese*. In: Seminari su "Eventi naturali ed antropici", Università di Pavia, pp.148-277, Pavia.
- BRAGA G. - CERRO A. (1988) - *Le strutture sepolte della pianura pavese e le relative influenze sulle risorse idriche sotterranee*. Atti Tic. Sc. della Terra, 31, pp. 421-433, Pavia
- BRAGA G. EL ALII (1976) - *Indagine preliminare sulle falde acquifere profonde della porzione di pianura padana compresa nelle province di Brescia, Cremona, Milano, Piacenza, Pavia e Alessandria*. Quaderni dell'Istituto di Ricerca sulle Acque, 28 (2), 45-76 - Roma
- CASTIGLIONI, G.B. ET AL. (1997) - *Carta Geomorfologica della Pianura Padana in scala 1:250.000*. SELCA, Firenze.
- DALL'AGLIO P.L., MARCHETTI G., VALLE G. (1990) - *Proposta per la realizzazione di una carta del "rischio archeologico": il caso della Val Trebbia*. In Atti del Convegno: "La cartografia archeologica", Pisa, 21-22 marzo 1988, Pisa 1990, pp. 137 - 165
- ENTE REGIONALE DI SVILUPPO AGRICOLO DELLA LOMBARDIA. *Aggiornamenti di agrometeorologia e pedologia*. Quaderno n°18 Commento climatico all'annata agraria 1996
- ENTE REGIONALE DI SVILUPPO AGRICOLO DELLA LOMBARDIA. *Progetto "Carta Pedologica" Regione Lombardia* (E.R.S.A.L. 2001) "I suoli della Pianura Pavese Centrale - serie SSR n°33"
- GOBETTI A., PEROTTI CR. (1990) - *Genesi e caratteristiche dell'arco strutturale di Pavia*. Atti Tic. Se. Terra, 33, 143-156.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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