

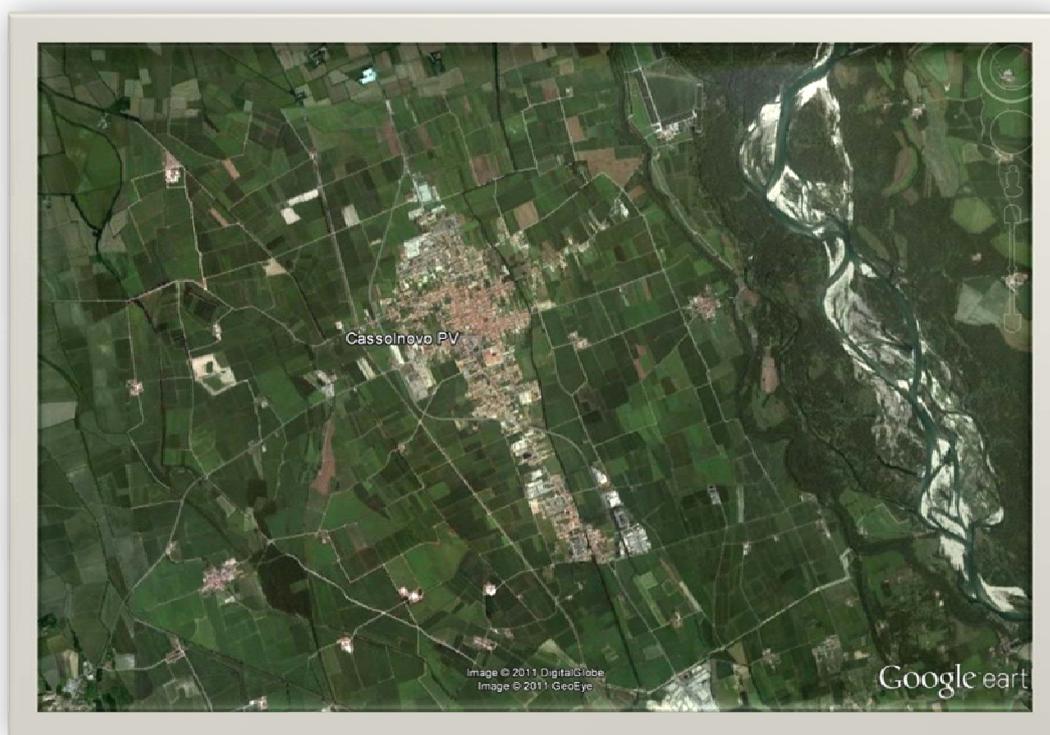


COMUNE DI **CASSOLNOVO**

PROVINCIA DI PAVIA

# PGT (Piano di Governo del Territorio)

ex art. 57 Legge Regionale 12 del 11 marzo 2005 e DGR n.8/1566 del  
22 dicembre 2005  
Aggiornamento ex DGR n. 9/2616 del 30 novembre 2011



**ALL.**

**A5-01**

ELABORATO

## *RELAZIONE GEOLOGICA GENERALE*

**DR. GEOLOGO ANTONELLO BORSANI**

*V.le F. Sforza, 7 27029 Vigevano (PV)*

*Tel/Fax. 0381.70896 Mobile 335.8344518*

*E mail antobors@libero.it*

Maggio 2013

## INDICE

1.0 PREMESSA .....	3
2.0 METODOLOGIA DI RICERCA.....	4
3.0 INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	5
4.0 LINEAMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI .....	6
5.0 IDROGEOLOGIA.....	9
5.1 AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO.....	13
6.0 PIANO STRALCIO PER L’ASSETTO IDROGEOLOGICO (DEL. N° 18/2001 E SUCC.) .....	13
8.0 ELEMENTI DI PEDOLOGIA .....	14
9.0 CAPACITA’ D’USO DEI SUOLI .....	16
10.0 CAPACITA’ PROTETTIVA DEI SUOLI PER ACQUE PROFONDE DA AGENTI INQUINANTI .....	18
11.0 CENNI DI METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA.....	23
12.0 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRITORIO .....	42
13.0 PRESCRIZIONI GEOTECNICHE.....	44
14.0 ANALISI DEL RISCHIO SISMICO .....	48
15.0 - SINTESI E FATTIBILITA’ GEOLOGICA .....	53
BIBLIOGRAFIA .....	56

## TAVOLE FUORI TESTO

- TAVOLA A5-02 - Carta geomorfologica geolitologica
- TAVOLA A5-03 - Carta pedologica
- TAVOLA A5-04 - Carta idrogeologica e della vulnerabilità
- TAVOLA A5-05 - Carta di caratterizzazione geotecnica
- TAVOLA A5-06 - Carta dei vincoli
- TAVOLA A5-07 - Carta della pericolosità sismica locale
- TAVOLA A5-08 - Carta di sintesi
- TAVOLA A5-09 - Carta di fattibilità geologica

## 1.0 PREMESSA

---

Il presente studio, realizzato su incarico del Comune di Cassolnovo a supporto della stesura del nuovo Strumento Urbanistico-Territoriale (P.G.T.), è stato condotto in modo organico, contiene tutti i dati provenienti sia da ricerche di tipo generale, in modo da inquadrare l'area in un contesto omogeneo, sia da indagini puntuali, ed è finalizzato ad ottenere un quadro d'insieme del territorio comunale dal punto di vista geologico-ambientale che permetta una corretta gestione del territorio stesso.

Sono state condotte ricerche bibliografiche sulla documentazione scientifica e tecnica esistente per la definizione delle caratteristiche peculiari presenti nel territorio in oggetto e nel suo intorno.

Si è operato secondo :

- le finalità della **L.R. 24 Nov. 1997 - n° 41**

*"Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti"*

- le direttive contenute nella **D.G.R. 6 Agosto 1998 n° 6/37918**

*"Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale (territori di pianura)"*

- le direttive contenute nella **D.G.R. 29 Ottobre 2001 n° 7/6645**

per la redazione dello Studio geologico ai sensi dell'art. 3 – L.R. 41/97

- le direttive contenute nella **D.G.R. 22 Dicembre 2005 n° 8/1566**

*"Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57*

- **Deliberazione Giunta regionale 28 maggio 2008 - n. 8/7374**

Aggiornamento dei «Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12», approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566

- **Deliberazione Giunta regionale 30 novembre 2011 - n. IX/2616**  
Aggiornamento dei «Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12», approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566
- Normativa del Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino del fiume Po, secondo le disposizioni contenute nella D.G.R. n° 7365 dell' 11/12/01 e s.m.
- Disposizioni di cui al R.D. 523/1904 sulle acque pubbliche – D.G.R. 7/7868 del 25 gennaio 2002 - D.G.R. 7/13950 del 1 agosto 2003
- Disposizioni di cui al D. Lgs. 152/1999 integrato con D. Lgs. 258/2000 sulla salvaguardia dei punti di captazione acque ad uso idropotabile
- Indagini geologiche e geotecniche, previste dal D.M. 14/01/2008, secondo le varie classi di appartenenza.

## 2.0 Metodologia di ricerca

L'approccio iniziale allo Studio è senza dubbio rappresentato dalla raccolta di un insieme organico di dati e di informazioni sul territorio e dalla analisi dei singoli aspetti tematici individuati nell'area in oggetto, che permettano la definizione e la formazione di alcuni elaborati cartografici di base, indicati qui di seguito:

1. Carta pedologica
2. Carta geomorfologica - geolitologica;
3. Carta idrogeologica
4. Carta dei vincoli
5. Carta della pericolosità sismica locale
6. Carta di caratterizzazione geotecnica

Le informazioni contenute nelle carte derivano da:

- letture ed interpretazioni effettuate durante rilevamenti di campagna;

- elaborazioni effettuate su dati desunti da fonti informative disponibili quali cartografie, studi e ricerche;
- indagini presso enti ed istituti vari con competenze di interesse territoriale (A.I.E.S., Spafa, C.F.S., Provincia, Ersal, Az. Regionale Foreste, Genio Civile, Magispo, etc.) e presso la popolazione ;
- osservazione di foto aeree in bianco e nero e a colori.

Lo studio dei vari elaborati, l'analisi dei dati a disposizione e di dati integrativi ha condotto alla successiva realizzazione del seguente elaborato di sintesi:

#### 7. Carta di sintesi

dal quale si è dedotta la carta finale :

#### 8. Carta di Fattibilità geologica

E' stata inoltre realizzata la presente Relazione illustrativa.

## **INQUADRAMENTO TERRITORIALE**

---

Il territorio comunale di Cassolnovo è definito topograficamente nelle sezioni A6C4, A6C5, A6D4 e A6D5 della C.T.R. 1:10.000; sviluppo in latitudine tra le coord. N 5026870 e 5021260

– sviluppo in latitudine tra le coord. E 1489770 e 1477930

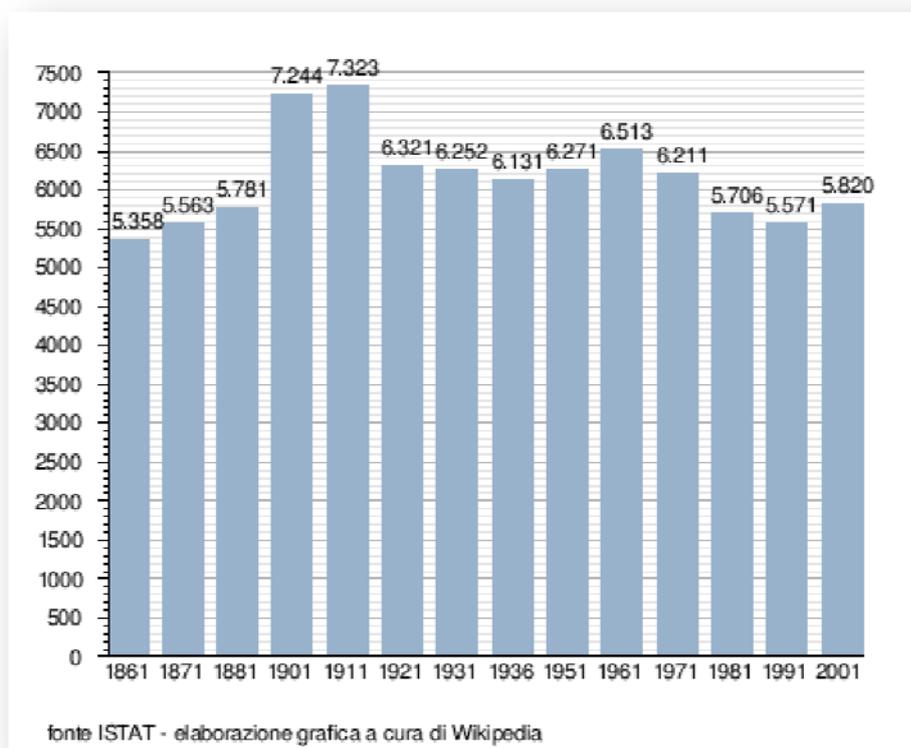
– sviluppo in altitudine tra le quote 125 e 89 metri sul livello del mare.

Il comune conta 7.116 abitanti e ha una superficie di 31 chilometri quadrati per una densità abitativa di 229,55 abitanti per chilometro quadrato. (da Wikipedia)

Fanno parte del Comune di Cassolnovo le frazioni di Molino Del Conte, Villanova e Villareale.

I limiti amministrativi sono:

- a nord con Sozzago e Cerano
- a est con Abbiategrasso
- a sud con Vigevano e Gravellona
- a ovest con Tornaco e Terdobbiate



#### 4.0 LINEAMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

Il territorio comunale di Cassolnovo (TAVOLA 1) è di natura prevalentemente pianeggiante e risulta ripartito in fasce parallele all'andamento del fiume Ticino, altimetricamente disposte in livelli corrispondenti a differenti ordini di terrazzi fluviali. Elemento di configurazione primario è la scarpata fluviale del Ticino, che separa la porzione centro occidentale del territorio comunale, altimetricamente più elevata e sede di affioramento di depositi fluvioglaciali e fluviali incoerenti pleistocenici (Würm), da quella orientale, più depressa e sede dei depositi fluviali incoerenti di greto attuali del fiume Ticino (Alluvium attuale - Olocene).

La litologia prevalente in affioramento nel settore pleistocenico è la sabbia, con presenza in subordine di ghiaia e matrici più fini (limi e/o argille). Nel settore olocenico la litologia risponde a caratteristiche deposizionali più energetiche, con prevalenza di depositi incoerenti a maggior granulometria (ghiaie, sabbie e ciottoli).

Il settore di affioramento dei sedimenti pleistocenici rappresenta la porzione più significativa del territorio comunale, sia arealmente, in quanto ne comprende circa l'ottanta per cento, sia dal punto di vista dell'utilizzo del suolo, dato che su di essa si

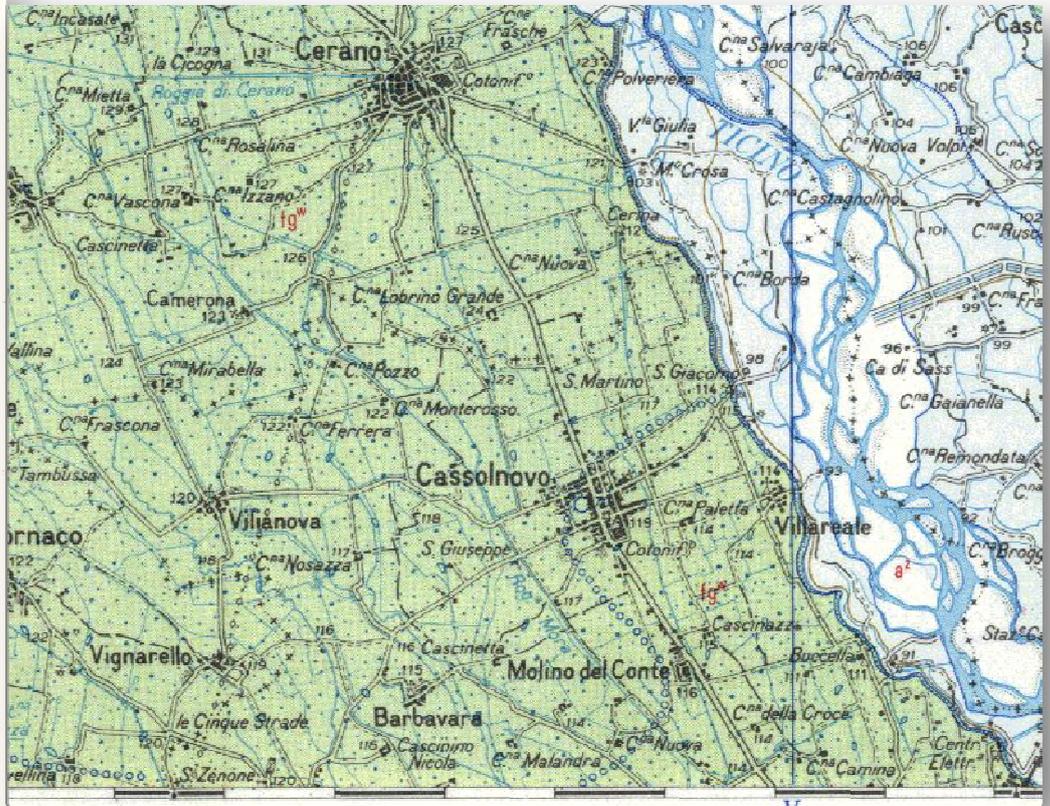
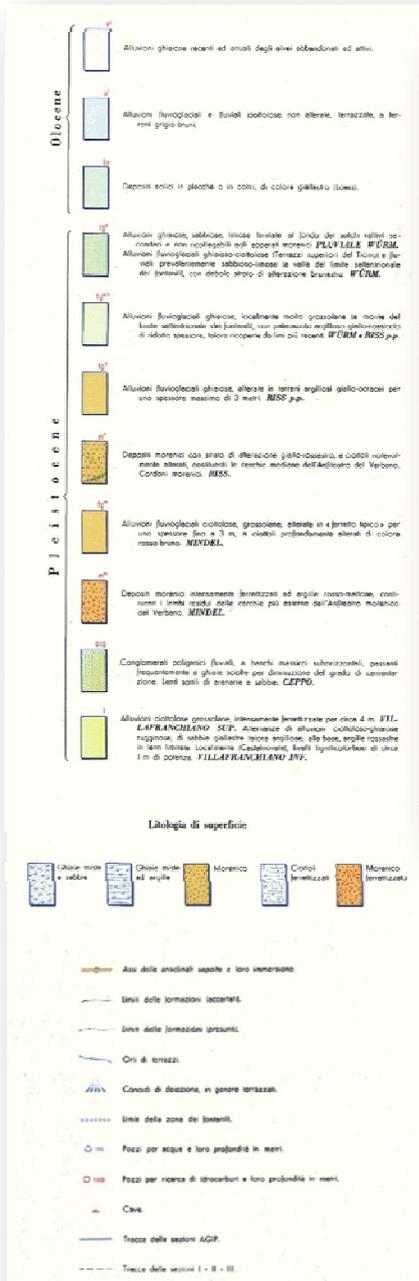
sviluppano in modo pressoché esclusivo l'urbanizzazione e l'attività agricola di coltura. Su di essa altri elementi morfologicamente caratterizzanti sono le scarpate minori di erosione fluviale che delimitano gli orli dei terrazzi ed i paleoalvei, che incidono blandamente il territorio controllando lo sviluppo del reticolo idrico superficiale. Tutti questi lineamenti si sviluppano grosso modo parallelamente alla direttrice di gradiente medio topografico, la quale risulta orientata da nord - nord ovest verso sud - sud est con pendenza media pari all'1,6 per mille. Il centro abitato della frazione capoluogo di Cassolnovo si sviluppa in una fascia di terreno altimetricamente più elevato rispetto a tutto il resto del territorio comunale, ampia mediamente poco più di un chilometro e delimitata lateralmente ad est e ad ovest da un allineamento di scarpate fluviali.

**La geologia locale** è caratterizzata da

**A2 - "ALLUVIONI OLOCENICHE"** Alluvioni ghiaiose recenti ed attuali degli alvei abbandonati ed attivi

**FgW - "WURM"** Alluvioni fluvioglaciali ghiaiose ciottolose (terrazzi superiori del Ticino) e fluviali prevalentemente sabbioso-limosi (a valle del limite settentrionale dei fontanili) con debole strato di alterazione brunastro.

Le formazioni superficiali sopra descritte sono rappresentate nella **CARTA GEOMORFOLOGICA GEOLITOLOGICA (TAV.2)**.



ESTRATTO DA "CARTA GEOLOGICA D'ITALIA" FOGLIO 44 NOVARA

## 5.0 Idrogeologia

E' stata effettuata una revisione critica della struttura idrogeologica del sottosuolo di Cassolnovo sulla traccia delle sezioni idrogeologiche eseguite da FRANZOSI C. (1995): Studio geologico del territorio comunale a supporto del P.R.G. (ai sensi della D.G.R. n.5/36147 del 18/05/1993)

Per l'attribuzione delle unità al contesto idrogeologico della Pianura Padana è stato adottato lo schema interpretativo proposto da Carcano C. e Piccin A.7, (rappresentato nell'ultima colonna del quadro sinottico della Tabella 1 "schema strutturale del sottosuolo" assieme alle classificazioni precedentemente proposte da altri Autori).

**TABELLA 1 - SCHEMA STRUTTURALE DEL SOTTOSUOLO -**

SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (in fasi d'età)	SCALA MAGNETO-STRATIGRAFICA	STRATIGRAFIA A NANNOFOSSILI CALCAREI	UNITÀ STRATIGRAFICHE	UNITÀ IDROSTRATIGRAFICHE E IDROGEOLOGICHE TRADIZIONALI	NUOVE UNITÀ IDROSTRATIGRAFICHE				
SUCCE (VERDIANO)			Matris & Mazzarella, 1991	Matris & Mazzarella, 1991	FRANZOSI & POZZI, 1991	AVANZINI et al., 1995	GRUPPO ACQUIFERO		
PLEISTOCENE SUPERIORE	BRUNES	MNN21b	LITOZONA GHIAIOSO-SABBIOSA	ACQUIFERO TRADIZIONALE	I ACQUIFERO	UNITÀ GHIAIOSO-SABBIOSA	A		
PLEISTOCENE MEDIO		MNN21a				FLUVIOGLACIALE WURM Aust. (Clayton recente)		II ACQUIFERO	UNITÀ GHIAIOSO-SABBIOSA-LIMOSA
		MNN20				FLUVIOGLACIALE RISS-MINDEL Aust. (dl. Medio-Antico)			UNITÀ A CONGLOMERATI E ARENARIE BASALI
PLEISTOCENE INFERIORE (BECCALABRANDO, CALABRANO, Accorati p. 10)	A	MNN19f	LITOZONA SABBIOSO-ARGILLOSA	ACQUIFERI PROFONDI	III ACQUIFERO		C		
	JARAMILLO	MNN19e				VILLAFRANCHIANO*		UNITÀ SABBIOSO-ARGILLOSA (focii con travertini e diaterazone)	
	EMILIANO	MNN19d							
		MNN19c							
		MNN19b							
SANTERNANO	MNN19a	LITOZONA ARGILLOSA		UNITÀ ARGILLOSA (focii marini)	D				
FLIOCENE SUPERIORE									

Secondo tale schema, assumendo i valori di profondità dei limiti basali e degli spessori delle Unità Idrostratigrafiche indicati dagli Autori, il contesto idrogeologico di captazione dei pozzi per acqua potabile di Cassolnovo (pozzi Roma, Tortura nuovo e Villanova) comprende le Unità Idrostratigrafiche A e B.

Di conseguenza il sistema acquedottistico comunale è vulnerabile a fenomeni di inquinamento (Tabella 2)

Tabella 2 – Litostratigrafia tipologia e grado di vulnerabilità degli acquiferi oggetto di captazione dei pozzi comunali

<b>Unità</b>	<b>Litostratigrafia</b>	<b>Tipologia degli acquiferi</b>	<b>Grado di vulnerabilità</b>
<b>Unità Idrostratigrafica A</b>	sabbie prevalenti, frazioni limose o argillose particolarmente scarse	acquifero non confinato	da medio a elevato
<b>Unità Idrostratigrafica B</b>	sabbie in matrice limoso-argillosa	acquiferi semiconfinati	molto basso

Nella Tabella 4 è riportato l'elenco dei pozzi per acqua potabile operanti nel territorio comunale.

Tabella 4 - Elenco dei pozzi per acqua potabile operanti nel territorio comunale.

<b>Indirizzo</b>	<b>Utilizzatore</b>	<b>Stato</b>	<b>Long.</b>	<b>Lat.</b>
<b>Roma</b>	Comune	Attivo	1485406	5022654
<b>Tortura nuovo</b>	Comune	Attivo	1484817	5023858
<b>Villanova</b>	Comune	Attivo	1480494	5023537

Le acque superficiali si possono suddividere in acque fluviali e torrentizie in alvei naturali, più o meno controllati e modificate dall'opera dell'uomo e in acque incanalate, di adduzione o raccolta e di uso prevalentemente agricolo.

Queste ultime possono essere di origine interna (risorgive e derivazioni locali) o esterna provenienti dai canali irrigui maggiori.

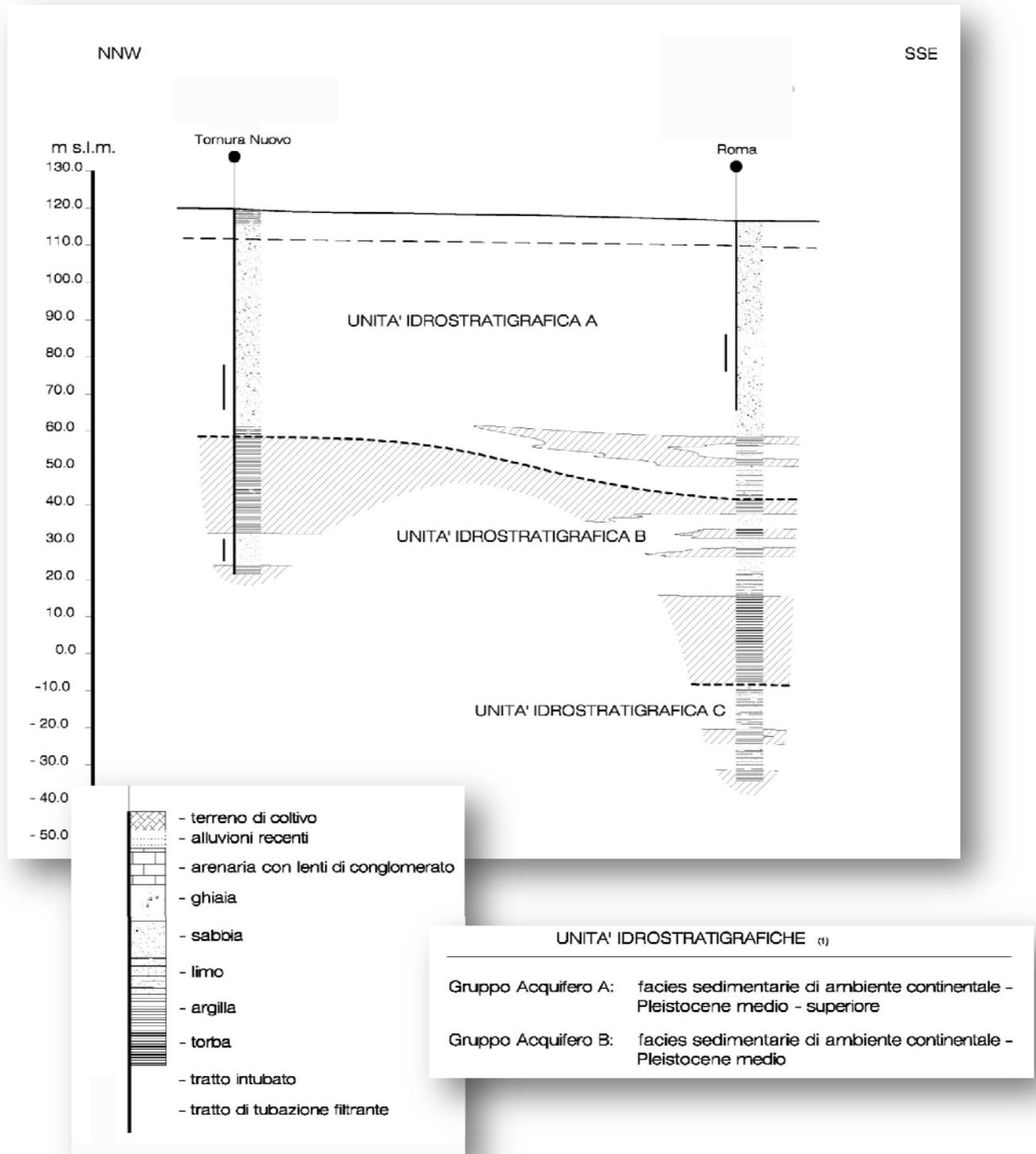
Le problematiche legate al controllo ed all'utilizzo delle acque superficiali sono di due tipi: quelli relativi alla dinamica fluviale e quelli legati alla raccolta ed alla distribuzione delle acque irrigue ed al drenaggio delle aree più depresse.

Il corso del Ticino, che presenta caratteristiche di variabilità e la presenza di ampi isoloni fino a sud di Abbiategrasso, tende a restringersi nel tratto vigevanese, dove sono segnalate numerose prese e scarichi idrici di una certa importanza.

Il fiume tende ad ampliare il proprio letto a sud di Vigevano e fino a monte di Bereguardo con sviluppo di rami e canali ed una notevole dinamica spondale.

Un apporto idrico importante nel tratto Abbiategrasso - Bereguardo é rappresentato dalle acque di subalveo e dalle rogge alimentate direttamente dalle risorgive di valle.

Di seguito viene riportata una sezione idrogeologica con i pozzi del Comune di Cassolnovo



Il territorio in esame è caratterizzato da una grande ricchezza di acque superficiali e da una falda freatica di norma prossima alla superficie topografica, che ha rappresentato storicamente una facile fonte di approvvigionamento, raggiungibile mediante scavi poco profondi e con buone caratteristiche di continuità sia su base stagionale sia annua.

Le acque superficiali si possono suddividere in acque fluviali e torrentizie in alvei naturali, più o meno controllate e modificate dall'opera dell'uomo e in acque incanalate, di adduzione o raccolta e di uso prevalentemente agricolo.

Queste ultime possono essere di origine interna (risorgive e derivazioni locali) o esterna provenienti dai canali irrigui maggiori.

La morfologia freatica è caratterizzata da un andamento, nella porzione occidentale dell'area indagata, in direzione est nord est – ovest sud ovest, con gradiente medio del 2 per mille. Tale andamento subisce, all'altezza dell'abitato di Cassolnovo, una repentina deviazione verso est nord est, con aumento del gradiente fino a raggiungere un valore pari al 7 per mille.

In questa configurazione è leggibile il fenomeno per cui la falda freatica, in prossimità della depressione fluviale del Ticino, si "raccorda" alle acque dello stesso una ventina di metri più in basso del livello della pianura pleistocenica, per un fenomeno di scambio idraulico che vede il corso d'acqua drenare la falda.

Spostandosi pertanto da ovest verso est nel territorio comunale si passa da valori di soggiacenza inferiori a 2 metri dal piano di campagna, con falda localmente subaffiorante (nei pressi di Villanova e del confine comunale orientale), a valori maggiori di 15 metri in corrispondenza di Villareale, ossia dell'orlo superiore della scarpata che raccorda la pianura pleistocenica con la sottostante incisione valliva del Ticino.

Questo andamento della freatimetria caratterizza anche il reticolo idrico superficiale, differenziando il territorio comunale in tre settori: il settore occidentale (loc Villanova), interessato dalla presenza di testate di fontanili per fenomeni di risorgenza, quello centrale (loc. Cassolnovo) nel quale il fenomeno della risorgenza si esaurisce per approfondimento della falda verso il Ticino, e quello orientale, corrispondente con la depressione valliva del Ticino, che ritorna ad essere caratterizzato da livelli di falda prossimi al piano di campagna o affioranti.

## 5.1 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

È stato effettuato un censimento delle aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico, di cui al D. Lgs 258/2000, insistenti sul territorio Comunale, ossia delle zone interessate dalla presenza di centri di pericolo e relativo ambito di influenza entro le aree ad alta vulnerabilità ed, in particolare, delle seguenti attività pericolose:

- discariche
- aree estrattive perimetrata nello strumento di pianificazione provinciale
- emergenze della falda in aree estrattive

Non è stata rilevata la presenza di alcuna delle attività elencate.

## 6.0 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (DEL. N° 18/2001 E SUCC.)

---

L'Autorità di Bacino del Fiume Po, ha adottato con deliberazione n° 18/2001 il "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico" (ai sensi dell'art. 4, comma 1 lett. c della Legge 183/89), al fine di poter operare una corretta gestione del territorio compreso all'interno del bacino idrografico del Po e dei suoi affluenti.

Per consentire l'attuazione delle norme tecniche il territorio è stato suddiviso in aree omogenee denominate fasce fluviali, e così definite:

*Fascia A – fascia di deflusso della piena* – rappresentata dalla porzione di alveo che viene interessata dal deflusso della corrente durante gli stati di piena, prendendo come termine di riferimento una piena con tempo di ritorno TR fissato in 200 anni

*Fascia B – fascia di esondazione* – area esterna alla precedente che occupa la porzione di alveo interessata da inondazione in presenza dell'evento di piena di riferimento. In questo caso il limite di fascia si estende fino ai terreni posti a quote superiori ai livelli idrici corrispondenti alla massima piena di riferimento o alle opere idrauliche (argini, terrapieni, etc.) dimensionate per il contenimento delle inondazioni. zona con quote d di esondazione protetta da opere di difesa

*Fascia C - area di inondazione per piena catastrofica* - porzione di territorio, esterna alla precedente fascia, che può essere inondata in presenza di eventi di piena che superino le portate di quelli di riferimento.

I limiti delle fasce fluviali definiti per il territorio in oggetto vengono riportati nelle allegate tavole grafiche.

## **8.0 ELEMENTI DI PEDOLOGIA**

---

Nella TAVOLA 1 sono riportati gli elementi di caratterizzazione pedologica desunti dalla cartografia ERSAL1. Si distinguono tredici unità pedologiche (per la cui descrizione di dettaglio si rimanda alla pubblicazione originale), raggruppate in quattro classi di capacità d'uso del suolo che vanno dalla II alla V.

La maggior parte del territorio comunale è rappresentato nella classe III che raggruppa suoli con severe limitazioni alle pratiche colturali. Tali limitazioni sono ascrivibili prevalentemente alle caratteristiche composizionali del suolo (pietrosità, scarso spessore, caratteri chimici sfavorevoli ecc) risultano ) ed alle condizioni di saturazione e circolazione idrica sotterranea (drenaggio scadente, falda vicino alla superficie, rischio di inondazione ecc).

Il terreno agronomicamente più pregiato è rappresentato da una fascia di territorio in classe II (unità pedologica 26 in TAVOLA 1), che si sviluppa nella porzione orientale del terrazzo pleistocenico compreso tra l'abitato della frazione capoluogo di Cassolnovo e la scarpata fluviale di raccordo con la depressione olocenica sede del fiume Ticino.

I suoli in oggetto sono riconducibili a due tipi di paesaggio fondamentali identificabili con : a) porzione meridionale della piana fluvio glaciale e fluviale costituente il Livello fondamentale della Pianura (L.F.P.), formatasi per colmamento alluvionale durante l'ultima glaciazione (Sottosistema LF) b) superfici terrazzate costituite da "alluvioni antiche o medie" delimitate da scarpate di erosione e variamente rilevate sulle piane alluvionali e Alvei abbandonati di corsi d'acqua estinti - Olocene antico (Sottosistema VT)

### SISTEMA L

Piana fluvio-glaciale e fluviale costituente il livello fondamentale della pianura (L.F.d.P.), formatasi per colmamento alluvionale durante l'ultima glaciazione.

#### SOTTOSISTEMA LF

Porzione meridionale di pianura caratterizzata da aree sufficientemente stabili costituite da sedimenti fini "Bassa pianura sabbiosa"

#### SISTEMA V

Valli fluviali corrispondenti ai piani di divagazione dei corsi d'acqua attuali o fossili, rappresentanti il reticolo idrografico olocenico.

#### SOTTOSISTEMA VT

Superfici terrazzate costituite da "alluvioni antiche o medie", delimitate da scarpate d'erosione, e variamente rilevate sulle piane alluvionali (Olocene antico).

. La suddivisione in classi pedologiche del territorio viene evidenziata nella Tav. 1 – Carta pedologica.



Estratto da "Carta Pedologica" I SUOLI DEL PARCO TICINO SETTORE MERIDIONALE –  
estratti da Ersal Regione Lombardia – 1998

## 9.0 CAPACITA' D'USO DEI SUOLI

---

Sulla base della classificazione effettuata sui terreni del comprensorio e la cartografia relativa, verificate peraltro da sopralluoghi in sito e da confronti con altri dati in possesso è stata valutata la capacità delle varie unità pedologiche; essa esprime la potenzialità intrinseca dei suoli in funzione di un loro sfruttamento in agricoltura.

La "Land capability classification" del U.S. Department of Agriculture considera una serie di parametri, tra cui la morfologia, la posizione geografica, le varie caratteristiche fisiche e geochimiche dei terreni che sono stati valutati ed integrati nello schema interpretativo dell'ERSAL (1995) .

Il sistema prevede la ripartizione dei suoli in 8 classi di capacità con limitazioni d'uso crescenti, che prevedono l'uso sia agricolo che forestale, che zootecnico per le prime 4, mentre introducono limitazioni nelle successive, fino all'esclusione di ogni forma di utilizzazione produttiva nell'ultima.

Si indica inoltre con un suffisso il tipo di limitazione che interviene nelle varie classi e, che per la zona di studio si limita a :

s - limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo come l'abbondante pietrosità, la scarsa profondità, la sfavorevole tessitura e lavorabilità, etc.

I suoli del territorio di studio sono compresi tra la II<sup>^</sup> e la V<sup>^</sup> classe di capacità e le principali limitazioni sono dovute a :

- tessitura dell'orizzonte superficiale, soprattutto per un eccessivo contenuto in sabbia e ghiaia ;
- profondità utile : limitata dal substrato sabbioso o dalla presenza della falda ;
- fertilità : capacità di scambio cationico (CSC) e saturazione in basi (TSB) basse ;
- drenaggio : frequenti sono i suoli a drenaggio rapido, mediocre, lento, rari a d. molto lento ;

I suoli di II<sup>^</sup> classe hanno qualche limitazione che riduce la scelta di piante o richiede moderate pratiche di conservazione.

I suoli nella II Classe richiedono un accurata gestione del suolo, comprendente pratiche di conservazione, per prevenire deterioramento o per migliorare la relazione con aria e acqua quando il suolo è coltivato. Le limitazioni sono poche e le pratiche

sono facili da attuare. I suoli possono essere utilizzati per piante coltivate, pascolo, praterie, boschi, riparo e nutrimento per la fauna selvatica.

I suoli di III<sup>^</sup> classe danno luogo a severe limitazioni che riducono la scelta delle colture o richiedono particolari pratiche di conservazione ; vi rientrano buona parte dei suoli del L.F.P., e dei terrazzi antichi. Le principali limitazioni sono dovute a scarsa profondità , tessitura eccessivamente sabbiosa o, in subordine, limosa, presenza della falda in prossimità della superficie.

Nei suoli di IV<sup>^</sup> si vedono ulteriormente ristrette le scelte per le colture e richiedono una gestione accurata; si ritrovano sulle superfici a drenaggio difficile.

Nei suoli di V<sup>^</sup> la loro principale limitazione è legata al rischio di inondazione molto alto. Suoli di scarsissimo spessore, prevalentemente boscati, costituiti, già a ridotta profondità, da materiali fortemente scheletrici.

**Modello Interpretativo**

Classi di Capacità d'uso	Prof. utile (cm)	Tessitura Orizz Superf (1)	Scheletro Or. Superficiale	Pietrosità(2) e Rocciosità	Fertilità or. superficiale (3)	Drenaggio	Rischio inondazione	Lim. Climatiche	Pend. (%)	Erosione	AWC(4) (cm)
I	>100	(A+L) < 70% A < 35% L < 60% S < 85%	≤15	P ≤0.1 R ≤2	5.5 < pH < 8.5 TSB > 50% CSC > 10meq CaCO3 ≤ 25%	buono	assente	assenti < 200 m	≤2	assente	> 100
II	61-100	(A+L) ≥ 70% 35 ≤ A < 50% L < 60% S < 85%	16-35	0.1 < P ≤ 3 R ≤2	4.5 ≤ pH ≤ 5.5 35 < TSB ≤ 50% 5 < TSB ≤ 10 meq CaCO3 >25%	mediocre mod. rapido	lieve (< 1v / 10 anni durata < 2gg)	lievi 200 -300 m	2.1-8	assente	idem
III	25-60	A ≥ 50 S ≥ 85 L ≥ 60	36-70	idem	pH >8. 4 o pH<4.5 TSB ≤35% CSC ≤5meq	rapido lento	moderato (1v /5-10 anni durata > 2gg)	moderate 300 - 700 m	8.1-15	debole	51 - 100
IV	25-60	idem	idem	3 < P ≤ 15 R ≤2	idem	molto lento	alto (> 1v / 5 anni durata > 7gg)	idem	15.1-25	moderata	≤ 50
V	<25	idem	>70	16 < P ≤ 50 2 < R ≤ 25	idem	impedito	molto alto (golene aperte)	idem	≤2	assente	idem
VI	idem	idem	idem	16 < P ≤ 50 2 < R ≤ 25	idem	idem	idem	forti 700-2300 m	25.1-45	moderata	idem
VII	idem	idem	idem	16 < P ≤ 50 25 < R ≤ 50	idem	idem	idem	molto forti >2300 m	45.1-100	forte	idem
VIII	idem	idem	idem	P >50 R >50	idem	paludi	idem	idem	>100	molto forte	idem

Sotto Classi	s (5)	s	s	s	s	w (6)	w	c	e	e	s
Tipo di Limit.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

(1) è sufficiente una condizione

## 10.0 CAPACITA' PROTETTIVA DEI SUOLI PER ACQUE PROFONDE DA AGENTI INQUINANTI

La capacità protettiva dei suoli è un elemento fondamentale nella valutazione della vulnerabilità del territorio per la proprietà che possono avere gli stessi di esercitare un effetto-filtro tra le sostanze tossiche, quali possono essere concimi chimici, fitofarmaci, fanghi, acque reflue, sversamenti accidentali, perdite da impianti agricoli e industriali, distribuite sulla superficie, e le falde acquifere sottostanti (profonde).

Non è possibile entrare nel dettaglio, in uno studio su vasta scala come è questo, per la complessità e per il numero di fattori e di variabili che intervengono in tali processi; viene comunque dato un inquadramento di massima, in funzione della velocità di infiltrazione di liquidi inquinanti, sulla capacità protettiva che possono esercitare i suoli individuati sul territorio comunale.

Tale valutazione è stata fatta secondo le direttive contenute nello schema operativo predisposto dall'ERSAL, che definisce tre classi di capacità protettiva - elevata, moderata, bassa; risultano delle condizioni generali di protezione da media a bassa, sia per la litologia sabbiosa prevalente che per la diffusa presenza della falda a profondità generalmente poco elevate.

### Modello Interpretativo

CLASSI DI ATTITUDINE		FATTORI LIMITANTI LA CAPACITÀ PROTETTIVA DEI SUOLI			
NOMI	CODICI	PERMEABILITÀ	PROFONDITÀ FALDA	CLASSE GRANULOMETRICA	MODIFICATORI CHIMICI: pH in H <sub>2</sub> O CSC in meq/100g(*)
ELEVATA	E	BASSA (Classi 4. 5. 6)	> 100 cm	AFI-AMF-LFI-FFI-LGR-FRA-SKA Tutte le classi "over"(comprese le over SAB, over SKS, over FRM) in cui il 1° termine sia AFI, AMF o LFI	pH > 5.5 CSC > 10 (meq/100 g)
MODERATA	M	MODERATA (Classe 3)	50 - 100 cm (con perm. bassa)	FGR-SKF Tutte le classi "over"(comprese le over SAB, over SKS, over FRM) in cui il 1° termine sia FFI o LGR	pH 4.5 - 5.5 CSC tra 5 - 10 (meq/100 g)
BASSA	B	ELEVATA (Classi 1. 2)	< 50 cm (con perm. bassa) < 100 cm (con perm. moderata)	SAB-SKS-FRM Classi "over" in cui il 1° termine sia SAB, SKS o FRM	pH < 4.5 CSC < 5 (meq/100 g)

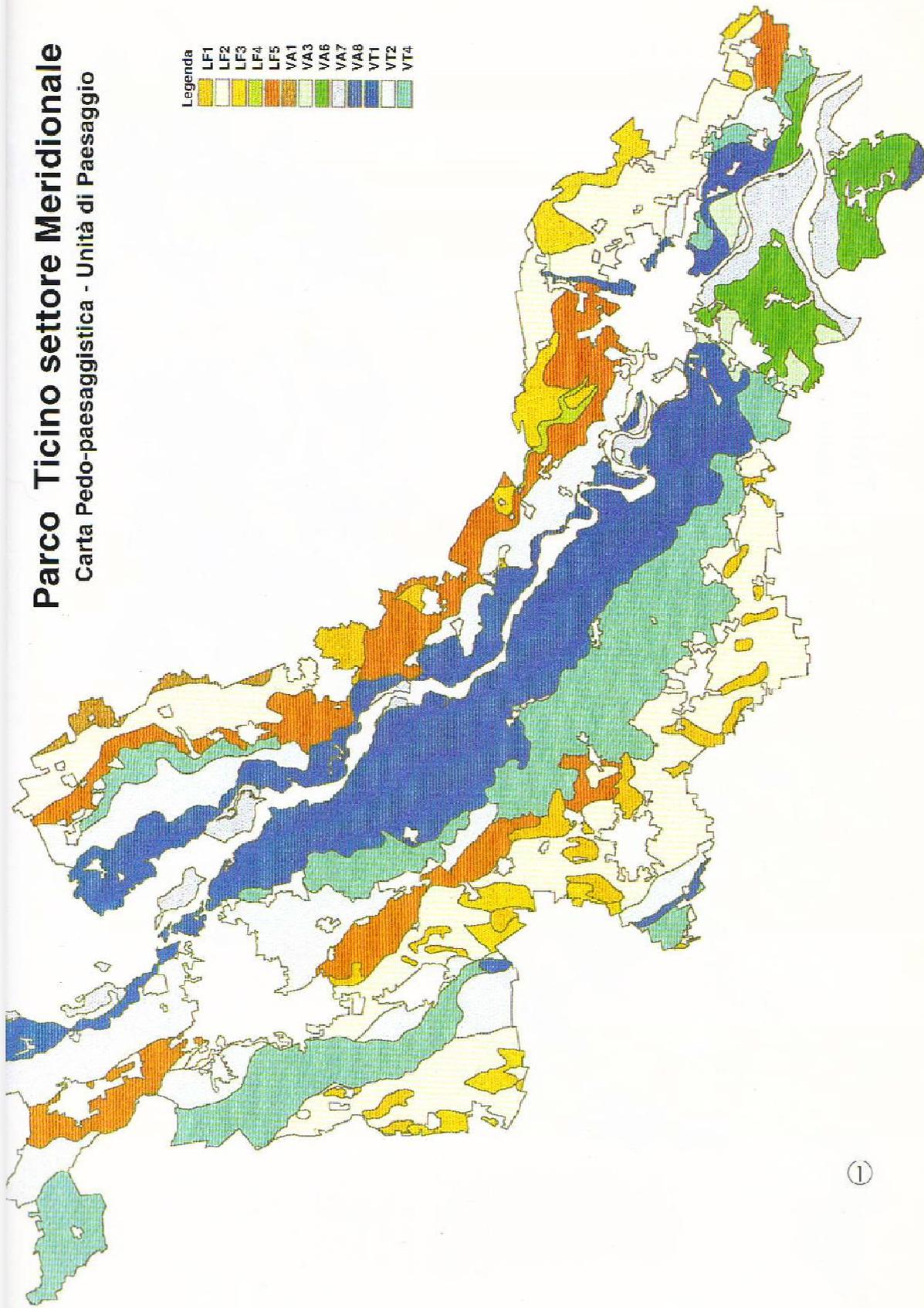
(1)\*Considerare il valore più alto tra quelli riscontrati entro 100 cm

# Parco Ticino settore Meridionale

Carta Pedo-paesaggistica - Unità di Paesaggio

Legenda

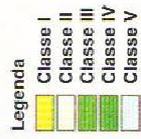
LF1	LF2	LF3	LF4	LF5	VA1	VA3	VA6	VA7	VA8	VT1	VT2	VT4
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----



①

# Parco Ticino settore Meridionale

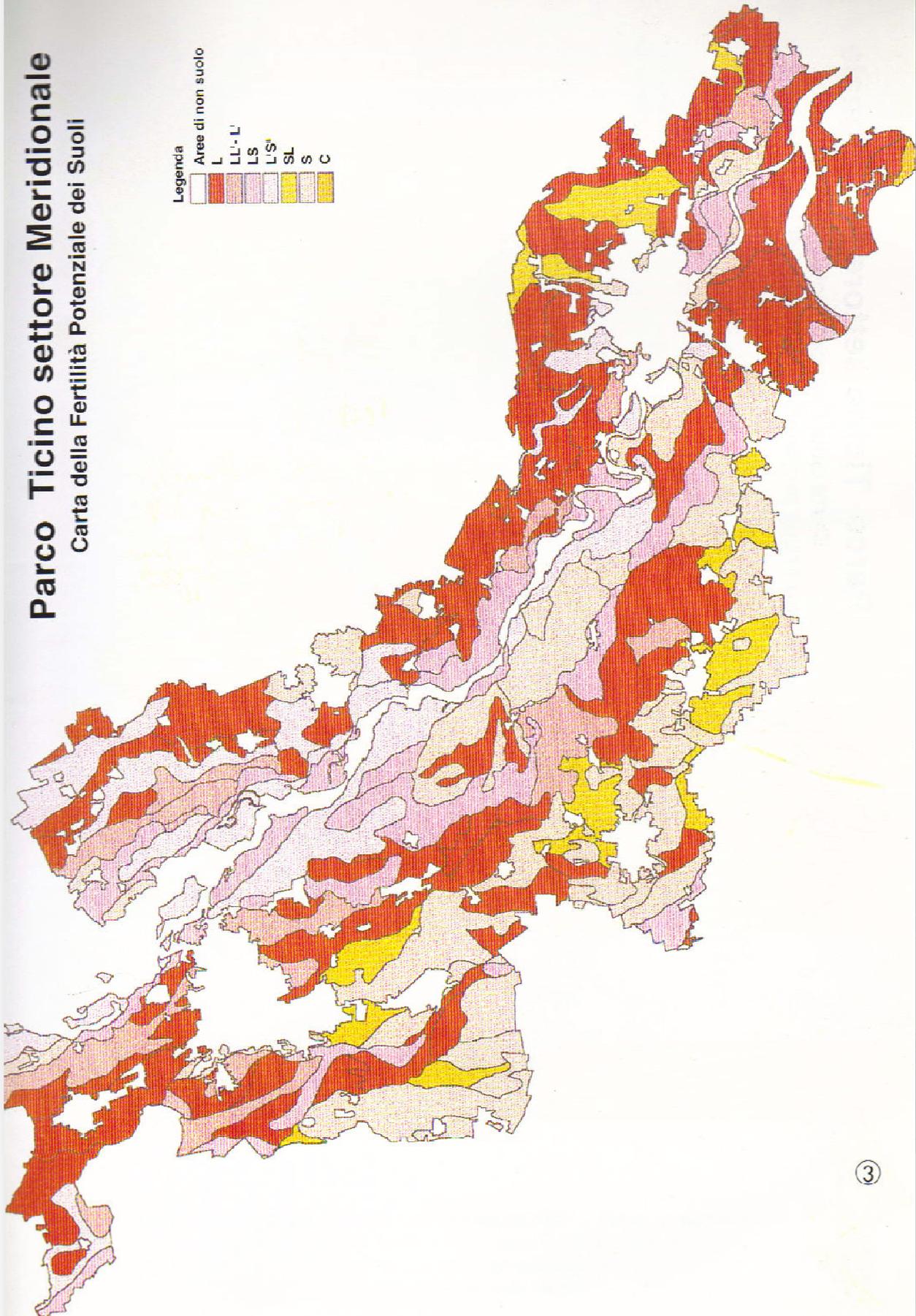
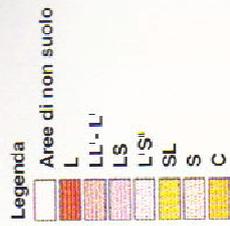
## Carta della Capacità d'Uso dei Suoli



②

# Parco Ticino settore Meridionale

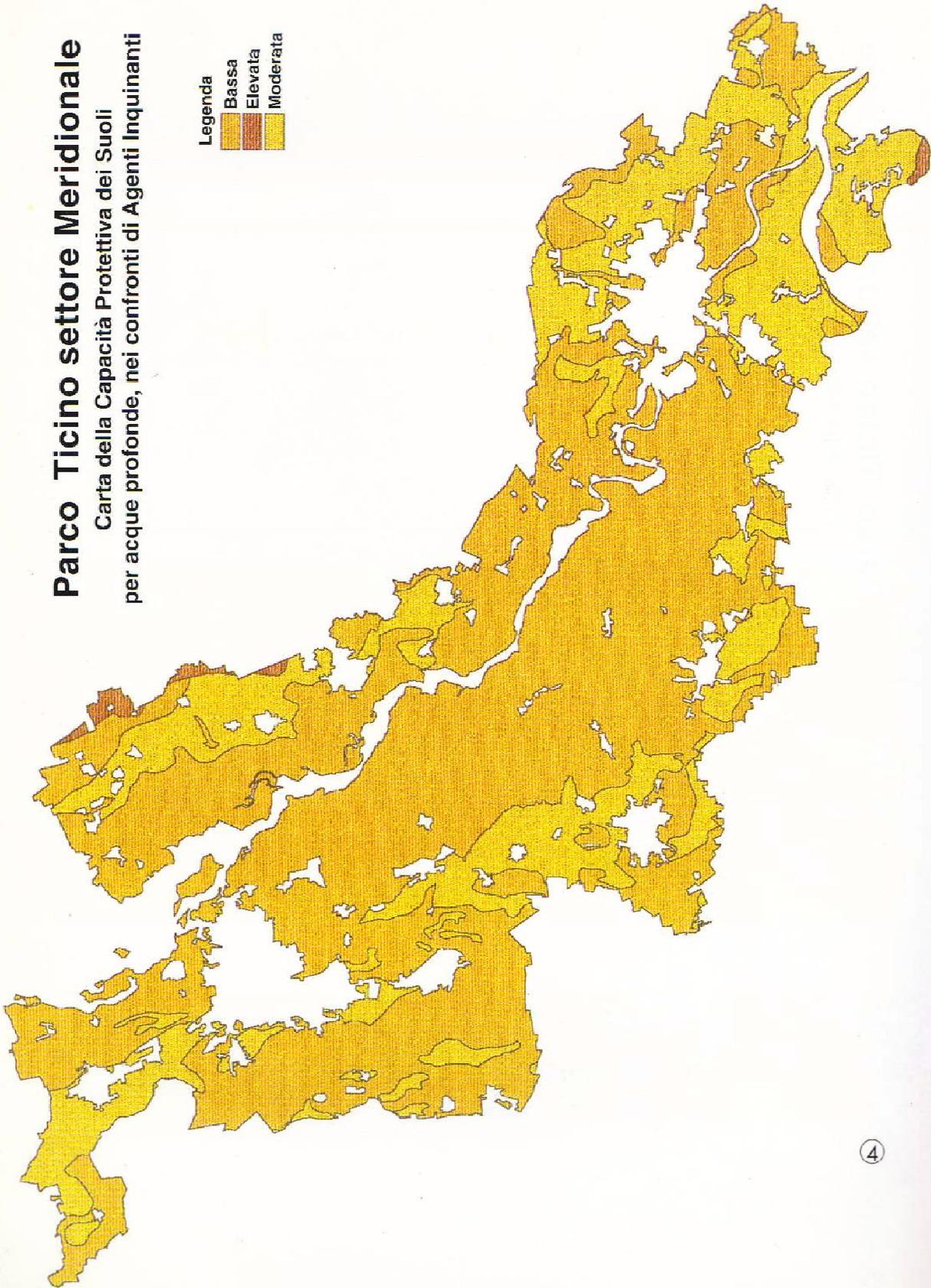
## Carta della Fertilità Potenziale dei Suoli



③

**Parco Ticino settore Meridionale**  
Carta della Capacità Protettiva dei Suoli  
per acque profonde, nei confronti di Agenti Inquinanti

Legenda  
Bassa  
Elevata  
Moderata



④

## 11.0 CENNI DI METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA

---

Il clima della Lombardia è influenzato principalmente da alcuni fattori geografici di rilevante importanza. Il territorio della Lombardia è chiuso a Nord dalla catena alpina, a Sud dalla catena appenninica che divide la Pianura Padana dal Mar Tirreno e Ligure. Oltre a queste due grandi barriere naturali il territorio lombardo ospita tutti i più grandi laghi del Nord Italia che influiscono tantissimo sul clima locale, il Mar Mediterraneo che influenza il clima di tutta la regione del Sud Europa, inoltre non possiamo dimenticare che in Lombardia è presente una delle più grandi conurbazioni urbane d'Europa la città di Milano.

Queste situazioni geografiche fanno sì che in Lombardia troviamo tre fasce mesoclimatiche, padana, alpina, insubrica, a cui va aggiunta la fascia urbana di Milano, in quanto è stato dimostrato che in tutte le grandi aree urbane del mondo si è formato un clima particolare che porta ad avere delle caratterizzazioni specifiche dei fenomeni meteorologici, il principale fenomeno che influisce sul clima è il forte aumento della temperatura che abbiamo in queste grandi aree urbane, che può portare alla formazione di eventi meteorologici completamente autonomi rispetto il territorio circostante.

Il clima padano è caratterizzato da una certa uniformità, con quantità di piogge limitate a 600-1000 mm/anno, molta umidità, con frequenti episodi temporaleschi ed una temperatura media annua compresa tra gli 11 ed i 14°C.

In inverno l'area padana è caratterizzata da uno strato di aria fredda al suolo, che in assenza di vento da origine a gelate e a nebbie spesso persistenti, che normalmente tendono a diradarsi solo nelle ore pomeridiane. La primavera è caratterizzata da perturbazioni di una certa entità, e avvicinandosi alla stagione estiva, questi fenomeni diventano ancora più intensi.

L'attività temporalesca diventa molto forte nel periodo estivo, e in mancanza di vento le temperature diventano elevate.(fenomeno legato anche alla mancanza di vegetazione come alberi e cespugli, e all'elevato tasso di copertura con cemento ed asfalti del territorio).

L'autunno è caratterizzato dal frequente ingresso di perturbazioni atlantiche che portano precipitazioni abbondanti che causano sovente delle alluvioni.

La Lomellina in particolare presenta un clima che è influenzato dalla monocoltura intensiva del riso.

La risaia con la sua alternanza di periodi di allagamento e di periodi asciutti, favorisce il fenomeno della nebbia, che è uno degli elementi caratteristici del clima locale.

Vista la difficoltà di trovare dati climatici relativi al sito di intervento, in quanto l'area non è posta sotto osservazione con centraline di rilevamento, anche per quanto riguarda rilievi di inquinanti sospesi nell'aria, i dati e la descrizione dei fenomeni meteorologici che vengono allegati sono stati presi dal sito di ERSAL (Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia, Servizio Agrometeorologico), anche perché come detto nelle prime pagine di questo studio, questa area anche se legata amministrativamente alla Regione Piemonte, è a tutti gli effetti in Lombardia, in Lomellina.

Eventi meteorologici in Lombardia:

Foschia e nebbia

Fulmini

Grandine

Neve

Precipitazioni

Radiazione solare

Temperatura dell'aria

Temporal

Umidità

Venti

### **11.1 Foschia e nebbia:**

La foschia e la nebbia derivano dalla presenza di gocce finissime di vapore acqueo condensato in sospensione negli strati atmosferici vicini al suolo che determinano una più o meno forte riduzione della visibilità. In particolare si parla di foschia con visibilità lineare compresa fra 5000 e 1000 m, di nebbia con visibilità inferiore ai 1000 m e di nebbia fitta con visibilità inferiore ai 100 m.

Il meccanismo di innesco delle nebbie è analogo a quello delle gelate: occorre infatti un abbassamento della temperatura che faccia giungere la stessa al punto di rugiada, producendo la condensazione del vapore acqueo sui nuclei di condensazione presenti.

L'abbassamento di temperatura può verificarsi tanto per irraggiamento verso lo spazio che per avvezione di masse d'aria fredda (caso classico è l'irruzione in Valpadana di

masse d'aria fredda da Est nel tardo autunno) oppure per scivolamento notturno di masse d'aria fredda dalle pendici verso i fondovalle o la fascia pedomontana.

Tutti questi meccanismi possono essere compresenti ed inoltre sono in buona parte sconosciuti i meccanismi che, agendo generalmente a microscala, spingono un processo di condensazione per abbassamento termico ad evolvere verso la formazione di brina e rugiada ovvero verso una formazione nebbiosa. Comunque la genesi della nebbia necessita la presenza di una fonte di umidità nei bassi strati che è spesso rappresentata dai corsi d'acqua. Ciò spiega le insidiose nebbie in banchi che si riscontrano nella stagione fredda in vicinanza di fiumi, canali o di specchi d'acqua.

Tutto quanto sopra esposto evidenzia il fatto che la nebbia risulta un fenomeno difficile da prevedere anche a brevissimo termine. Il numero medio di giorni con nebbia è ricavabile da apposite statistiche riassunte nella tabella sotto riportata. Da tali dati si desume che il mese più esposto al rischio di nebbia è dicembre, seguito da gennaio e novembre. Molto basso è invece il rischio di nebbia nel periodo da maggio ad agosto.

Nebbia sulla pianura lombarda alle ore 7 del mattino (n° medio di giorni del mese in cui la visibilità è inferiore ai 1000 m) (da Fea, 1988 - modificato).

Mese	Giorni
Gennaio	6-16
Febbraio	4-10
Marzo	2-6
Aprile	1-2
Maggio	0-1
Giugno	0
Luglio	0
Agosto	0-1
Settembre	1-5

Ottobre	2-13
Novembre	4-14
Dicembre	10-20

### 11.2 Fulmini

I fulmini sono l'elettrometeora caratteristica dei temporali. Le statistiche pluriennali disponibili indicano per la Lombardia un numero medio di 2-4 fulmini per km<sup>2</sup>. Occorre tuttavia segnalare che tali statistiche sono state sviluppate quando ancora non esistevano strumenti sofisticati per il monitoraggio in tempo reale dei fulmini.

In particolare l'ERSAL utilizzando il sistema CESI Sirf ha rilevato circa 50.000 fulmini nel 1996 e circa 30.000 fulmini nel 1997. Tali cifre indicano l'estrema variabilità interannuale del fenomeno sul nostro territorio, caratteristica questa che è tipica di tutti i fenomeni associati ai temporali.

### 11.3 Grandine

La grandine risulta un evento meteorologico estremo in grado di causare danni elevati tanto all'agricoltura che ad altre attività umane. Associato ai cumulonembi temporaleschi il fenomeno è tipico di aree poste nelle vicinanze di grandi sistemi montuosi e dunque l'area padano-alpina risulta particolarmente esposta. Il periodo favorevole alle grandinate coincide con quello di presenza dei fenomeni temporaleschi e risulta dunque esteso da marzo a novembre. Tuttavia le grandinate più intense sono tipiche del periodo estivo, allorché l'atmosfera, ricchissima di energia, è in grado di dar luogo ai fenomeni di maggiore violenza.

I chicchi di grandine, che dalle dimensioni di un pisello possono giungere a quelle di una noce, di un uovo o addirittura di un'arancia, possono acquisire velocità elevatissime, in particolare quando la loro caduta si associa alle correnti discendenti presenti nel cumulonembo, correnti che non di rado possono giungere a velocità di 50-100 km/h (Fea, 1988). Tali correnti discendenti sono in grado di produrre un sensibile aumento dei danni.

Il fenomeno della grandine è variabilissimo nello spazio (a volte in poche decine di metri si passa da una zona con forti danni ad una zona del tutto priva di danni) e nel tempo. Non esistono al momento serie storiche attendibili sugli eventi grandinigeni in Lombardia. Uniche indicazioni sono quelle fornite da Fea (1988) che per l'area pianeggiante della Lombardia indicano per il periodo 1960-1980 un numero medio

annuo di grandinate compreso fra 0.5 e 2, con frequenze più elevate nella fascia pedemontana prealpina.

#### 11.4 Neve

Una valutazione a parte merita la neve per i suoi effetti su tutta una serie di attività umane. La climatologia ci indica che la pianura lombarda riceve in media dai 20 ai 50 cm di neve l'anno, mentre nel fondovalle della Valtellina e sull'Appennino cadono in media dai 50 ai 100 cm di neve.

Le zone appenniniche più elevate registrano punte di 3 metri di neve l'anno mentre punte di 4-5 m sono riscontrabili nelle zone alpine.

Per quanto riguarda la pianura lombarda la serie storica recente più interessante è quella dell'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura di Bergamo, relativa al periodo 1958-87.

Secondo tale serie si registrano in media 39 cm di mese l'anno, con frequenze più elevate nel mese di Gennaio, seguito da Dicembre e Febbraio.

Occorre infine segnalare che raramente la pianura lombarda è interessata da nevicata nei mesi di ottobre e aprile (a titolo di curiosità si può citare la nevicata del 17 aprile 1991) e molto raramente in maggio (una lieve nevicata si verificò a Milano nel maggio 1879).

In tabella si riportano le maggiori nevicata del ventesimo secolo su Milano. Si noti che tali eventi estremi sono distribuiti abbastanza regolarmente nel tempo ed interessano esclusivamente il periodo Dicembre – Febbraio.

Le maggiori nevicata del 20° secolo a Milano (Collegio degli Ingegneri di Milano, 1986).

Data	Neve caduta (cm)
Gennaio 1985	70 (*)
Febbraio 1947	59
Dicembre 1935	48
Dicembre 1909	48
Gennaio 1933	47

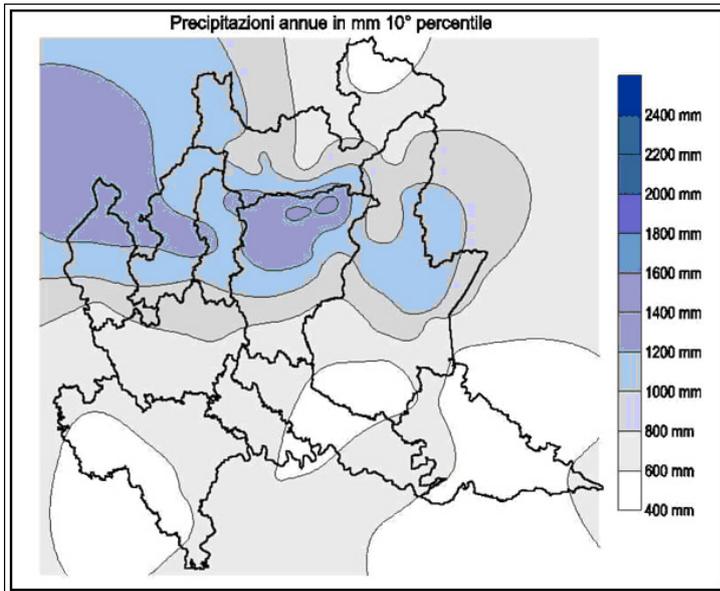
Gennaio 1926	46
Gennaio 1954	43
Febbraio 1978	37
Dicembre 1938	33

(\*) La nevicata si è protratta dal 13 al 17 gennaio e nelle diverse zone della città sono caduti dai 65 ai 110 cm di neve. A Linate sono stati registrati 92 cm.

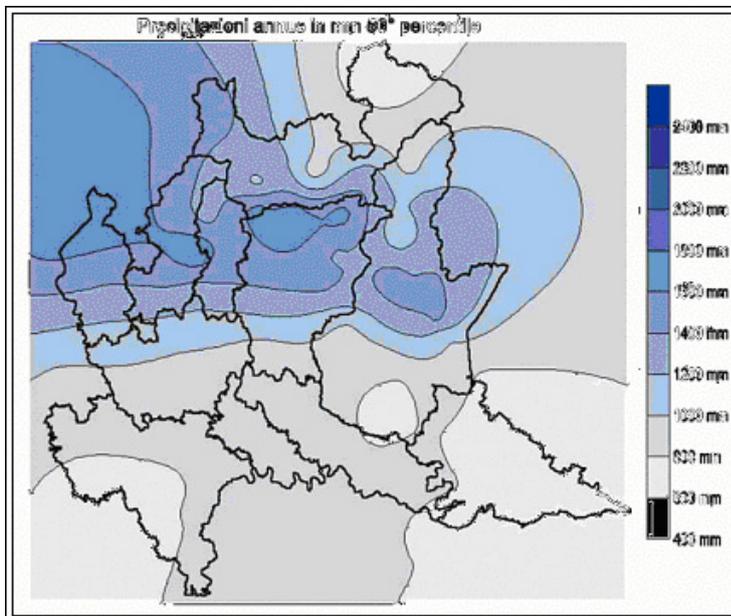
### 11.5 Precipitazioni

Le mappe rappresentano le precipitazioni (millimetri di pioggia o di neve fusa) sulla Lombardia nel periodo 1950-86, relative all'anno "secco" (Q10), all'anno mediano (Q50) ed all'anno "piovoso" (Q90) definiti attraverso la tecnica statistica dei percentili. Per facilitare la lettura si segnala che i valori di precipitazione sono uguali o superiori a quelli riportati in un anno su 10 nel caso del Q90 e in un anno su 5 nel caso del Q50. Si ricorda inoltre la mediana (50° percentile) presenta valori abbastanza simili a quelli forniti dalla media ma il suo utilizzo risulta preferibile quando si analizzano parametri, come le precipitazioni, che possono presentare una distribuzione statistica diversa da quella gaussiana.

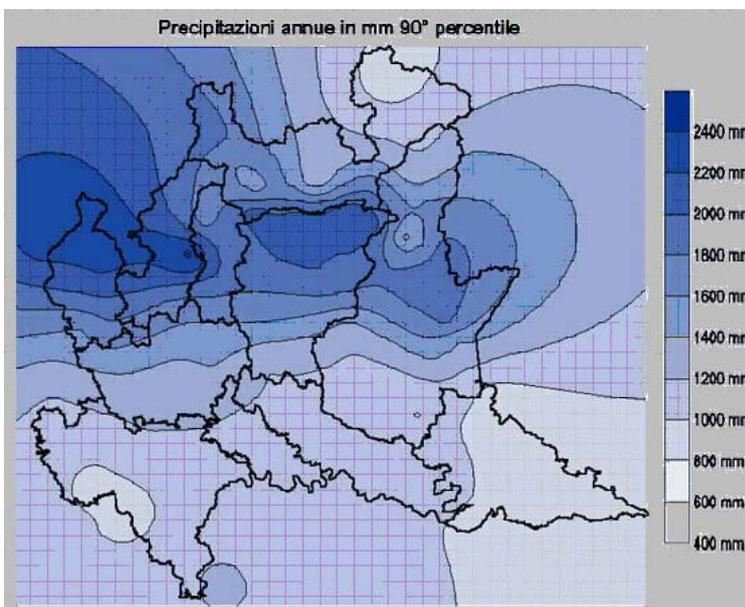
Sulla base della distribuzione della mediana (50° percentile) delle precipitazioni annue si individua un significativo gradiente positivo da Sudest verso Nordovest, con minimi nel mantovano (650 mm circa) e massimi nella fascia prealpina centro occidentale. Un gradiente negativo molto ripido si individua invece nell'area alpina, con precipitazioni che decrescono fortemente approssimandoci alla zona centrale del massiccio (clima endoalpino). In particolare il range delle precipitazioni risulta di 650-1100 mm/anno per la fascia di pianura, di 1100-2000 mm/anno per quella prealpina e di 2000-750 mm/anno per quella alpina, con minimi in Alta Valtellina. Le mappe riportate sono state elaborate dal Servizio Agrometeorologico Regionale della Lombardia, sono state elaborate utilizzando dati di stazioni meteorologiche lombarde e delle aree limitrofe di proprietà del Servizio Idrografico del Po e di altri enti.



Precipitazioni annue in mm 10° percentile



Precipitazioni annue in mm 50° percentile

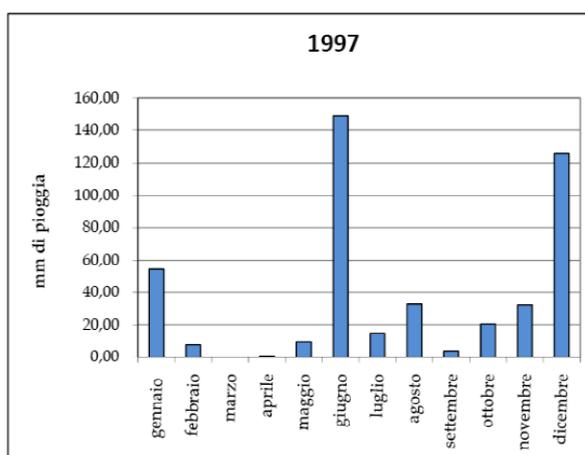
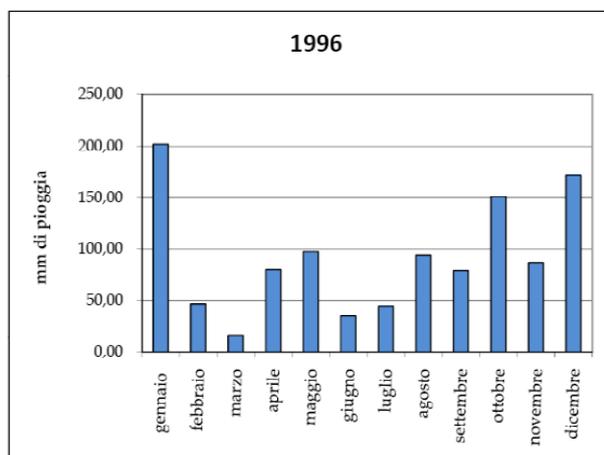
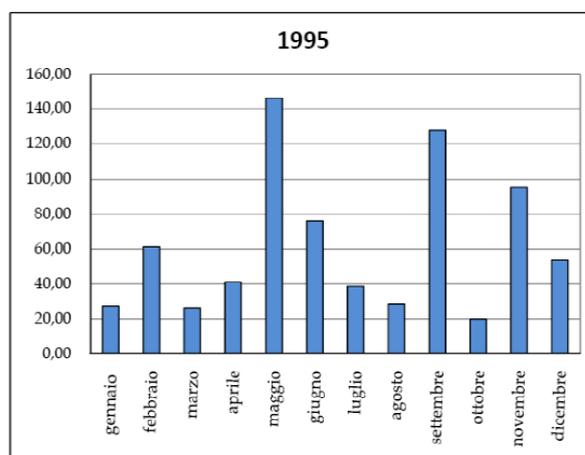
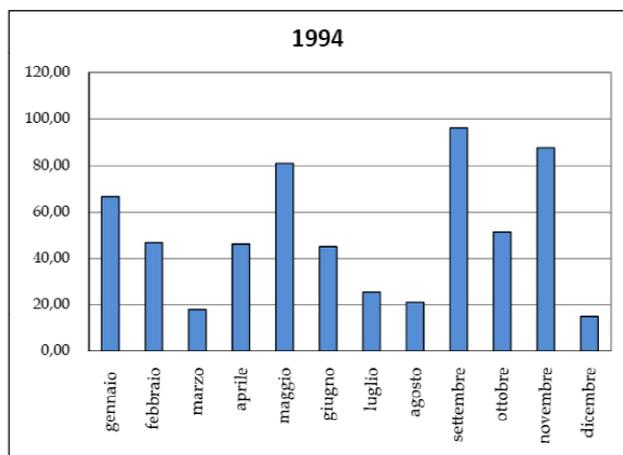


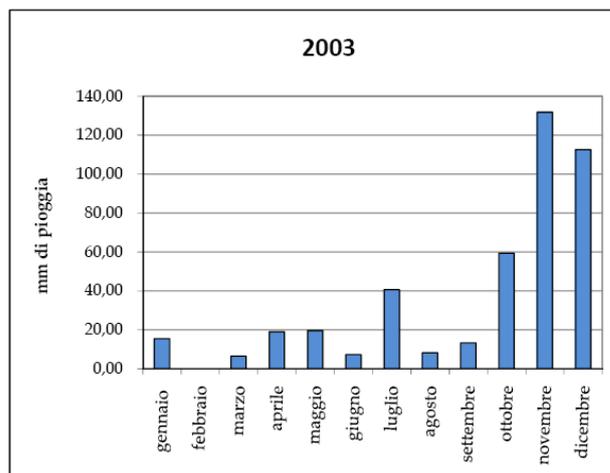
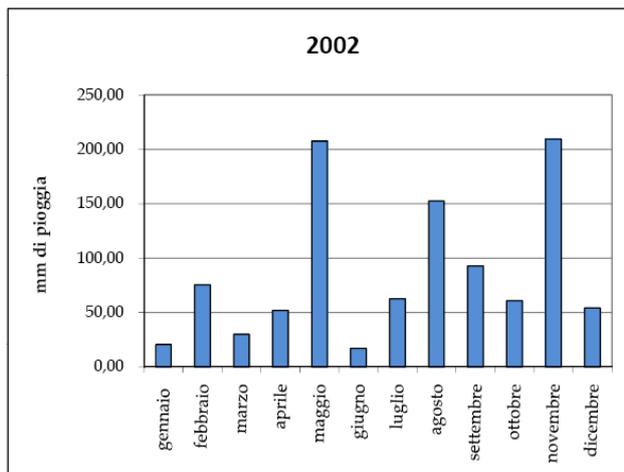
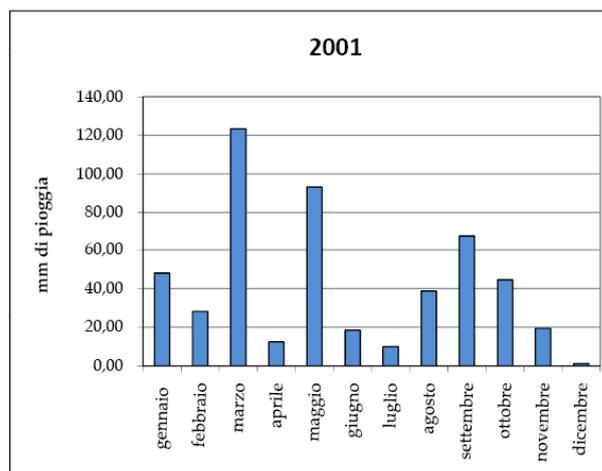
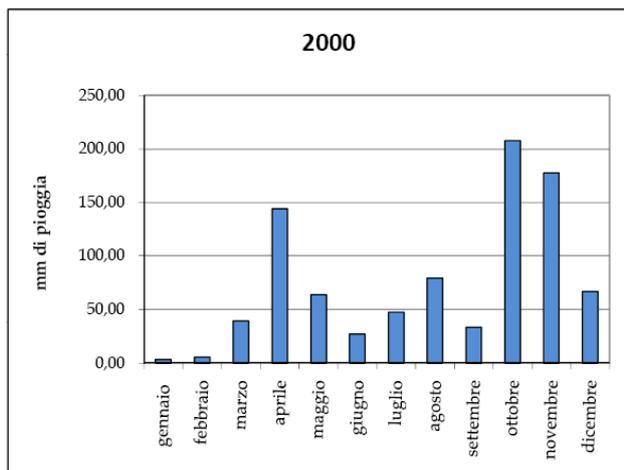
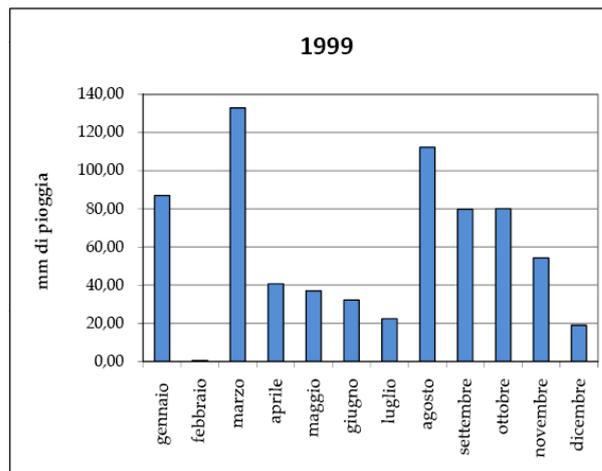
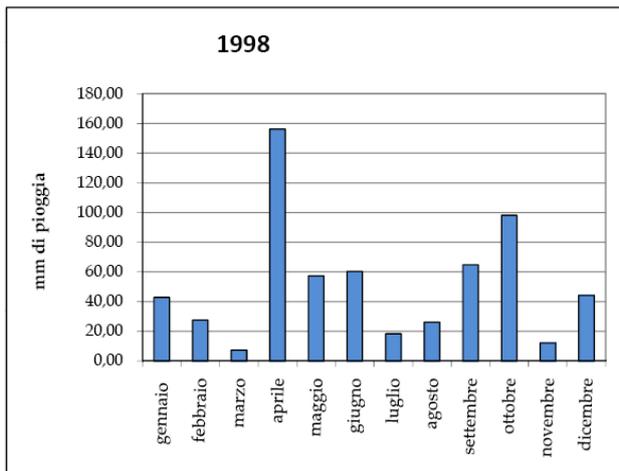
Precipitazioni annue in mm 90° percentile

La variazione delle precipitazioni analizzando le carte dal 10° percentile al 90° percentile configurano che nella zona oggetto d'intervento variano da un minimo di 600 mm annui, ad un massimo di 1200 mm annui.

**DATI DI PIOVOSITA' DAL 1994 AL 2003**

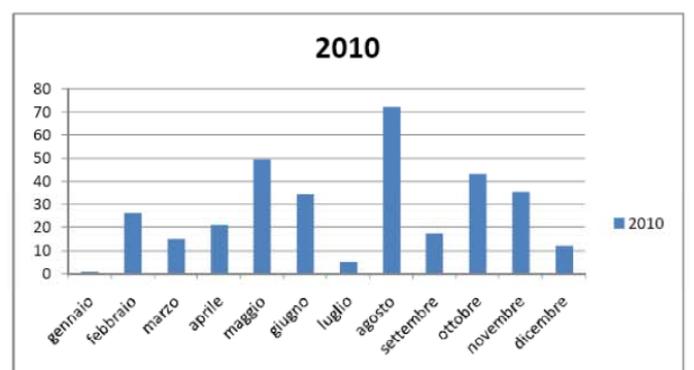
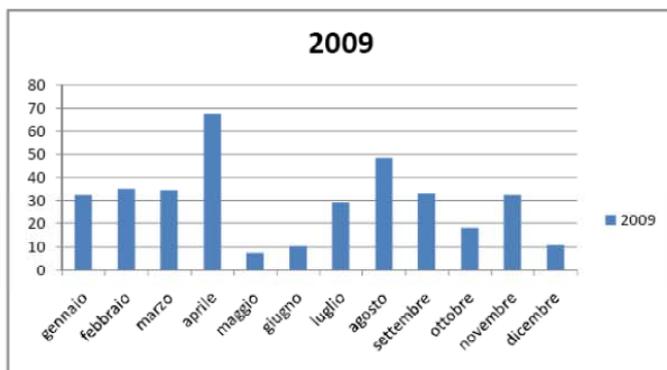
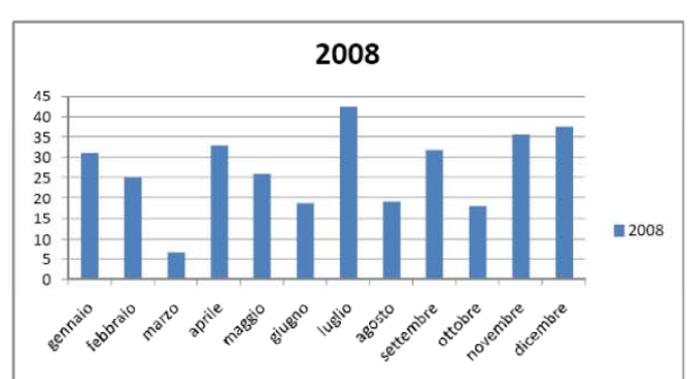
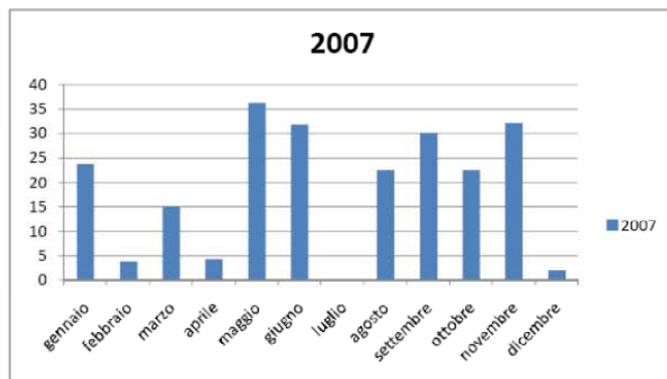
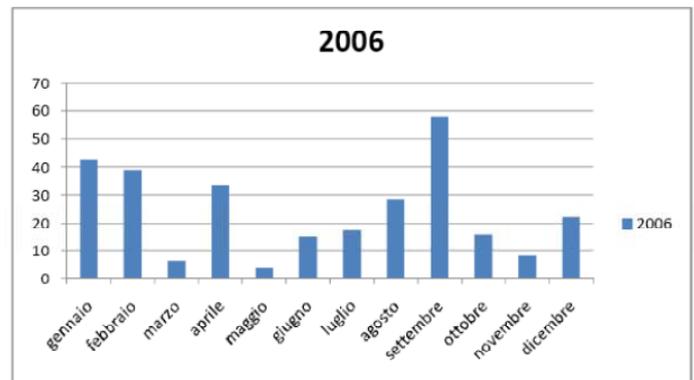
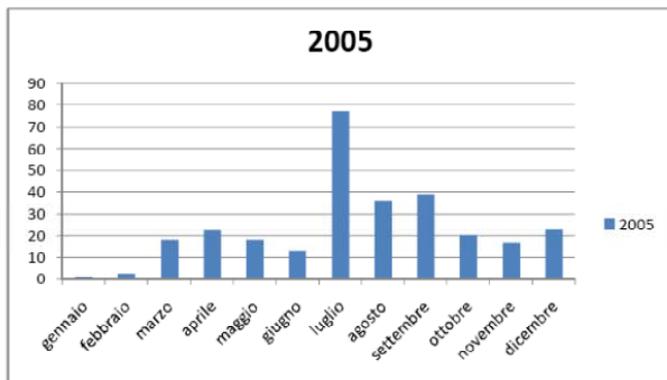
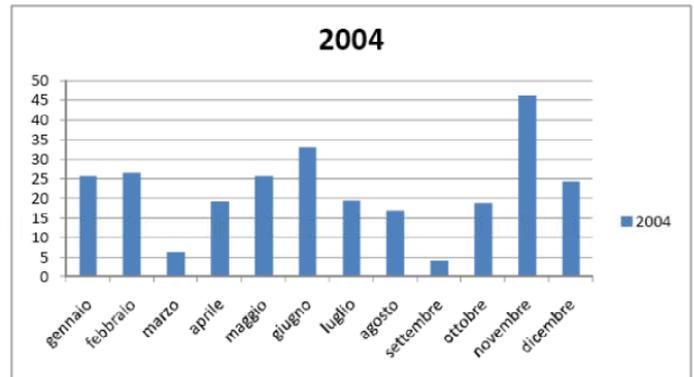
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
gennaio	66,40	27,20	202,20	54,40	42,80	87,00	3,40	48,00	20,60	15,40
febbraio	46,60	61,40	46,80	7,60	27,60	0,40	5,60	28,20	75,60	0,00
marzo	17,60	26,00	15,60	0,00	7,40	132,80	39,40	123,40	30,00	6,40
aprile	46,00	41,20	80,00	0,80	156,20	40,60	144,60	12,40	51,80	19,00
maggio	81,00	146,20	97,80	9,40	57,40	37,00	63,60	93,20	207,40	19,60
giugno	45,00	76,20	35,00	148,80	60,40	32,20	27,00	18,40	17,20	7,20
luglio	25,20	38,60	44,80	14,80	18,40	22,40	47,40	10,00	62,60	40,60
agosto	21,00	28,80	94,40	33,00	26,20	112,20	79,00	38,80	152,60	8,20
settembre	95,80	127,60	79,00	3,80	64,80	79,80	33,60	67,80	92,80	13,20
ottobre	51,40	19,80	151,20	20,40	98,20	80,00	207,80	44,60	60,80	59,40
novembre	87,20	95,80	87,20	32,40	12,20	54,20	177,80	19,40	209,40	131,80
dicembre	14,80	53,60	171,80	125,80	44,20	19,00	66,60	1,20	54,20	112,60





	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
gennaio	25,6	1	42,8	23,8	31	32,8	0,6
febbraio	26,4	2,4	39	3,8	25	35,6	26,2
marzo	6,2	18	6,4	15	6,8	35	15,2
aprile	19,2	22,6	33,4	4,2	33	67,8	20,8
maggio	25,6	18,2	4	36,2	26	7,6	49,4
giugno	33	12,8	15,2	31,6	18,6	10,6	34,2
luglio	19,4	77,2	17,4	0	42,4	29,6	5
agosto	17	36,2	28,6	22,6	19	48,6	72
settembre	4,2	38,8	58,2	30	31,8	33,2	17,2
ottobre	18,8	20,2	15,8	22,6	18	18,2	43
novembre	46	16,6	8,2	32	35,5	32,8	35,6
dicembre	24,4	22,8	22,4	1,8	37,4	11	11,8

**DATI DELLA PIOVOSITA' DAL 2004 AL 2010**



### 11.6 Radiazione solare

La radiazione solare costituisce la fonte di energia primaria per tutto l'ecosistema. Infatti l'energia solare, captata dai vegetali attraverso la fotosintesi clorofilliana, fluisce poi lungo le catene alimentari garantendo la sopravvivenza a tutti gli esseri viventi. Inoltre la radiazione solare rappresenta la sorgente di energia alla base dei movimenti atmosferici, da quelli delle grandi aree cicloniche ed anticicloniche, con dimensioni di migliaia di chilometri, a quelli delle strutture più piccole come i mulinelli che sollevano le foglie secche in una giornata ventosa d'autunno. Quanto detto rende idea dell'importanza che la radiazione solare ha per il pianeta Terra e per i suoi abitanti. La Lombardia è collocata alle medie latitudini (siamo infatti a metà strada fra equatore e polo) e dunque la radiazione presenta un massimo molto pronunciato in corrispondenza con il solstizio d'estate (21 giugno) ed un minimo altrettanto pronunciato il 21 dicembre (solstizio d'inverno).

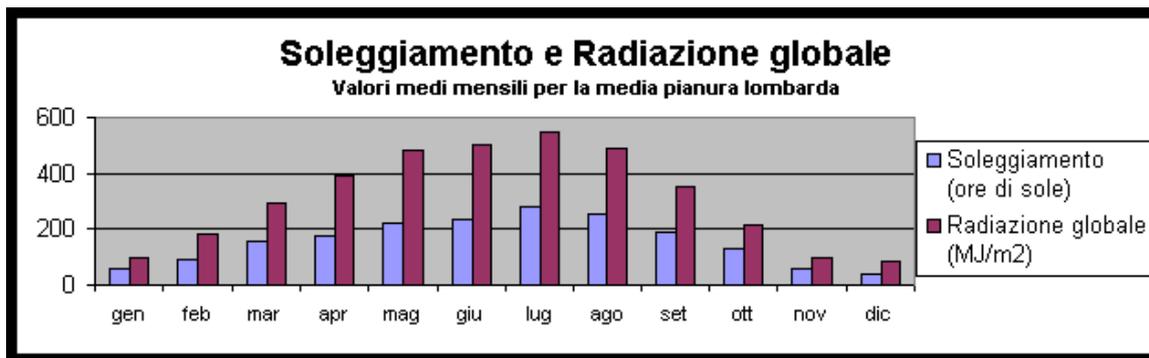
#### Levata e tramonto del sole ai solstizi in Lombardia

Data	Levata del sole (ora solare)	Tramonto del sole (ora solare)	Durata del giorno (ore e minuti)
21 giugno	4.36	20.19	15.43
21 dicembre	8.03	17.19	9.16

Più in particolare se esprimiamo l'energia solare in milioni di Joule (MegaJoule o MJ) possiamo osservare che, mentre la quantità di energia che giunge al di fuori dell'atmosfera è di circa 3530 MJ/m<sup>2</sup> al mese ed è pressappoco costante in tutti i periodi dell'anno (è la cosiddetta costante solare), la quantità di energia che giunge al suolo in Lombardia nei diversi periodi dell'anno è variabile ed i valori medi sono riportati nella tabella seguente, nella quale si riporta anche il soleggiamento medio espresso in ore di sole mensili.

#### Valori medi mensili per la media pianura lombarda

	gen	Feb	mar	apr	mg	giu	Lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
Soleggiamento (ore di sole)	56	90	152	176	219	233	80	252	187	127	56	41	1869
Radiazione globale (MJ/m <sup>2</sup> )	99	180	297	393	484	504	547	492	357	211	98	83	3746



I valori indicati sono ovviamente medie riferite ad aree pianeggianti, per le quali cioè non sussistono ostacoli orografici che impediscono la visione del sole nel corso del giorno. Per le aree montane occorrerà dunque decurtare tali quantità tenendo conto del cosiddetto orizzonte apparente (rappresentato dai profili delle montagne). Un caso simile si verifica per le aree urbane ove l'orizzonte apparente è dato dai profili degli edifici.

### 11.7 Temperatura dell'aria

La temperatura dell'aria presenta nella regione una elevata variabilità spaziale in gran parte legata agli effetti topoclimatici connessi alla presenza dei rilievi. In particolare, con riferimento alla mappa di temperatura media annua si osserva che l'isoterma dei 12° C delimita l'area pedemontana e si incunea profondamente nel massiccio alpino attraverso i principali solchi vallivi mentre l'isoterma dei 2 °C delimita le zone di vetta. Il mese mediamente più freddo risulta gennaio (solo parte delle stazioni presentano febbraio come mese più freddo) e quello più caldo luglio, con un tipico effetto di sfasamento rispetto ai minimi ed ai massimi di radiazione solare.

Un rilievo particolare per l'agricoltura è assunto dalle gelate.

Dalle statistiche si evidenzia come le gelate si presentino sulla pianura lombarda nel periodo compreso fra ottobre a maggio e la probabilità di gelate risulti significativa a partire dalla terza decade di ottobre e fino alla terza decade di aprile.

### 11.8 Temporalità

Con il termine di temporale si indicano fenomeni atmosferici caratterizzati da:

- insolita violenza;
- durata limitata (in media 1-3 ore);
- ridotta estensione spaziale;
- precipitazioni intense, anche a carattere di rovescio, spesso associate a grandine;

- raffiche di vento e turbini;
- brusche variazioni della pressione e della temperatura;
- attività elettrica atmosferica più o meno intensa (fulmini e lampi).

I temporali sono da considerare gli eventi più violenti che si verificano nella nostra atmosfera e ad essi sono associati fenomeni estremi quali le alluvioni improvvise (flash floods) e le trombe d'aria.

I meccanismi di genesi dei temporali sono molteplici ed infatti è possibile parlare di temporali frontali (da fronte caldo, da fronte freddo e prefrontali) e temporali in massa d'aria (temporali di calore e temporali orografici).

Il cumulonembo è la nube caratteristica del temporale; nella nostra areai cb (celle temporalesche) sono spesso associate in famiglie (temporali multicella) che tendono ad organizzarsi in linee (linee temporalesche). La dinamica dei temporali multicella, il cui approfondimento si deve in larga misura all'impiego del radar meteorologico, è caratterizzata dalle fasi di sviluppo, maturità e senescenza delle singole celle; a ciò si associa la progressiva genesi di nuove celle a partire da quelle mature.

Nella nostra area sono invece rari i temporali supercella, caratterizzati da enormi celle temporalesche isolate. Tali temporali sono infatti tipici delle aree tropicali anche se a strutture del tipo supercella sono state di recente attribuite le intense precipitazioni prefrontali verificatesi in occasione dell'alluvione del Piemonte (4-6 novembre 1985) e dell'alluvione di Varese (11-13 settembre 1995).

Una particolarità dell'area padano - alpina sono poi i temporali notturni, che si generano grazie all'instabilizzazione per irraggiamento verso lo spazio della parte sommitale di cumuli sviluppatasi nelle ore pomeridiane. I temporali notturni sono tipici dei periodi di piena estate ed i cumulonembi agiscono in questo caso come vere e proprie "torri di raffreddamento" per la nostra atmosfera estiva sovraccarica di energia. Tali temporali possono determinare anche il fenomeno abbastanza raro delle grandinate notturne.

Per quanto riguarda la distribuzione dei temporali nel corso dell'anno occorre segnalare che la stagione temporalesca in Lombardia si protrae in genere da Marzo a Novembre mentre rari sono i temporali a Dicembre, Gennaio e Febbraio. I mesi con maggiore frequenza di temporali sono Giugno, Luglio ed Agosto, mesi in cui circa il 25-30% delle giornate sono interessate da situazioni temporalesche.

Dalla tabella si evincono anche indicazioni circa la frequenza media delle situazioni temporalesche in Lombardia (circa 30 - 50 giorni l'anno per la pianura).La distribuzione giornaliera dei fenomeni vede un massimo nelle ore centrali del giorno (dalle 13 alle 17) ed un minimo al mattino.

Per un'analisi dei fenomeni meteorologici associati ai temporali si rimanda ai capitoli relativi alle precipitazioni, al vento ed ai fulmini.

### 11.9 Umidità

L'umidità gioca un ruolo chiave nella genesi e nello sviluppo dei fenomeni atmosferici, tant'è che un eminente meteorologo britannico, O.G. Sutton, ebbe a scrivere che "per gli scopi delle ricerche meteorologiche l'aria può essere considerata semplicemente come vapore diluito".

In particolare il vapore acqueo sottratto all'atmosfera attraverso le precipitazioni, viene continuamente reintegrato attraverso l'acqua che evapora non solo dalle superfici marine, fluviali e lacustri ma anche dalle coperture vegetali. Si pensi infatti che un chilometro quadrato di coltura di mais in fioritura libera giornalmente nell'atmosfera circa 6000 metri cubi d'acqua. L'umidità costituisce la fonte energetica per sistemi violenti come i temporali, capaci di liberare quantità di energia spaventose, dell'ordine di quella liberata dagli ordigni nucleari.

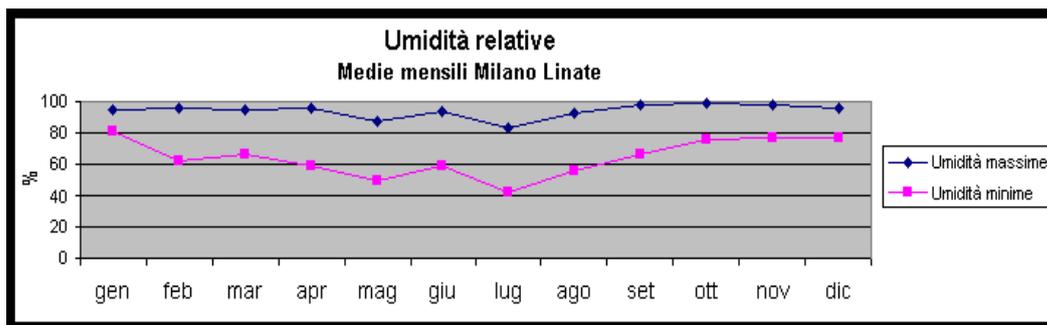
La distribuzione dell'umidità relativa sul territorio regionale è alquanto variabile perché funzione della copertura del suolo (presenza o meno di vegetazione e stadio di sviluppo della stessa), della vicinanza di corpi idrici (canali, fiumi, laghi, ecc.), ecc.

Il ciclo diurno dell'umidità relativa è opposto a quello della temperatura e vede un massimo all'alba, allorché non è infrequente raggiungere condizioni di saturazione indicate dalla comparsa di brina o rugiada, ed un minimo in coincidenza con il massimo termico diurno (grossomodo nelle prime ore del pomeriggio).

In Lombardia grossi abbassamenti nell'umidità relativa atmosferica si hanno in occasione degli episodi di foehn, allorché può verificarsi la sua discesa fino a valori inferiori al 10%. A titolo indicativo si riporta l'umidità relativa media mensile per la stazioni meteorologica di Milano Linate.

Umidità relative- medie mensili per Milano Linate.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Umidità massime	95	96	95	96	88	94	83	93	98	99	98	96
Umidità minime	81	63	67	59	50	59	42	56	67	76	77	77



### 11.10 Venti

Lo studio particolareggiato del campo del vento sulla regione richiede la disponibilità di serie storiche pluriennali di dati relativi a molte località, cosa ben lontana dalla situazione attuale.

Un'impronta rilevante al quadro anemometrico generale dell'area è fornita dalle brezze (brezze di lago, di monte, di valle, ecc.) tipici delle situazioni di tempo stabile.

Si devono anche ricordare le circolazioni tipiche delle situazioni perturbate, con i venti al suolo meridionali ed orientali. Tali situazioni circolatorie si presentano in Lombardia con una frequenza media di 118 giorni all'anno (elaborazioni ERSAL sul periodo 1995-98) ed in tale occasione i venti possono risultare da deboli a moderati (valori dell'ordine di 2 - 8 m/s) anche se non sono da escludere locali intensificazioni per effetti d'incanalamento o in coincidenza con fenomeni di tipo temporalesco.

In particolare alle situazioni temporalesche sono associate intensificazioni locali del vento che, oltre a presentare una elevata variabilità nello spazio e nel tempo, può temporaneamente raggiungere velocità elevate, tali da costituire fonte di pericolo. In particolare si rammentano eventi acuti ma relativamente rari come le trombe d'aria, che si producono in associazione con i temporali. Infatti i moti verticali connessi ai cumulonembi temporaleschi provocano un richiamo d'aria dalla regione circostante che può innescare fenomeni di tipo vorticoso.

Le trombe d'aria, assimilabili nel meccanismo di genesi e di sviluppo ai tornado americani, interessano sporadicamente il nostro territorio con danni spesso rilevanti. Secondo i dati riportati da Palmieri e Pulcini (Fea, 1988) la Lombardia nel periodo 1946-73 è stata interessata da 38 trombe d'aria, con una media di circa 1.3 casi annui.

Il fenomeno delle trombe d'aria è importante per la sua violenza ma ha un'azione ristretta. I danni più gravi interessano infatti aree di norma al di sotto dei 5 km<sup>2</sup> (Fea, 1988).

Nel caso delle trombe d'aria occorre ricordare che la nostra percezione della frequenza di tali fenomeni è alterata dal fatto che spesso i mass media tendono a definire con tale termine anche eventi quali le raffiche che si formano quando la corrente discendente presente nei cumulonembi giunge in vicinanza del suolo.

Inoltre devono essere rammentati i venti moderati o forti associati agli episodi di foehn, che secondo le statistiche 1991-97 si presentano in media in 15-30 giorni l'anno.

Il foehn è un vento caldo e secco, con raffiche spesso violente, che si genera per l'impatto delle correnti umide settentrionali con l'arco alpino occidentale. In tal caso si parla di foehn da Nord e l'intensità delle raffiche (che possono superare i 100 km/h è accentuata dagli effetti di incanalamento particolarmente evidenti nelle vallate con andamento nord-sud (es: Valchiavenna, Ticino).

Nel caso di foehn da nord la direzione prevalente del vento è in genere da settentrione anche se sussiste la possibilità di temporanei e repentini mutamenti di direzione. Ai fenomeni di foehn sono associati alcuni effetti caratteristici:

- elevata probabilità di incendi boschivi;
- elevata probabilità di valanghe e slavine;
- precoce scioglimento delle nevi con aumento delle portate dei corsi d'acqua.
- A titolo di curiosità si potrà ricordare i casi di foehn prodotti dall'interazione di correnti umide meridionali con i rilievi appenninici. tuttavia il foehn appenninico è raro e scarsamente evidente stante le scarse altitudini dell'Appennino pavese.

I dati raccolti sui venti fanno riferimento alla stazione di Pavia dove sono stati rilevati i valori delle frequenze relative cumulate, espresse in percentuale, della direzione del vento a diverse ore nell'arco del giorno solare.

Le ore alle quali vengono fatte le misurazioni nell'arco dell'anno sono:

8.00	14.00	19.00
------	-------	-------

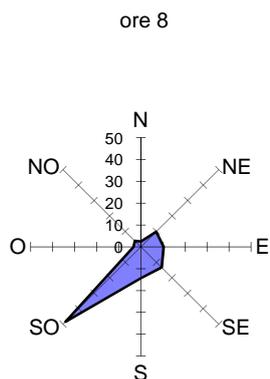
e, rispetto alle misurazioni registrate, si possono fare le seguenti considerazioni:

- la direzione prevalente e quella del settore S -O
- le misurazioni delle ore 8.00 evidenziano una prevalenza di orientamento del vento in direzione S-SO, che subisce un aumento durante il periodo invernale ed una conseguente attenuazione durante la primavera - estate, con una risalita graduale in autunno.
- i dati che fanno riferimento alle ore 14.00 confermano in pratica i dati relativi alle ore 8.00 per quanto riguarda la direzione che ha come orientamento S-SO, con minime variazioni per il periodo primaverile; i mesi di agosto ed ottobre sono

caratterizzati da estrema variabilità, mentre solo nei mesi estivi si nota una certa prevalenza nei settori NE, SE e SO.

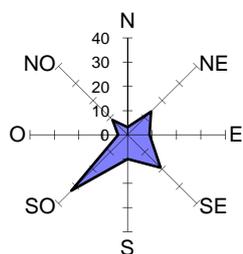
- risulta sempre prevalente la direzione SO per il periodo dicembre - febbraio, mentre da marzo a settembre prendono importanza i settori relativi a SE, E e NE.

FREQUENZA PERCENTUALE DELLE DIREZIONI DEL VENTO DURANTE IL GIORNO ED AI SINGOLI RILEVAMENTI : ORE 8, 14 E 19 (Valori Mediati Sull'intero Anno).

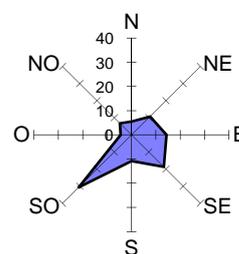


Direzione	ore 8	ore 14	ore 19
N	2.5	3.2	5.6
NE	9.8	13.6	10.7
E	10.3	9.0	14.3
SE	13.3	19.1	18.7

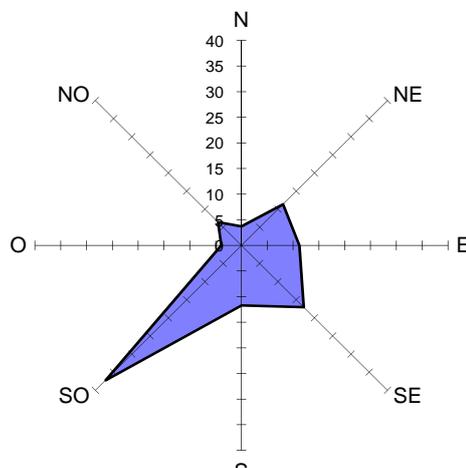
ore 14



ore 19



media



stati utilizzati, in prima istanza, i dati, della stazione di Pavia, integrati da informazioni raccolte presso alcune stazioni poste in Lomellina utilizzati dall'ERSAL ("I suoli della Lomellina Centro-meridionale").

Le precipitazioni medie annue risultano di 784 mm, con mesi più piovosi Novembre (con 88 mm), Ottobre e Maggio (con 82 mm) mentre le precipitazioni minime si registrano in Febbraio (48 mm), Luglio (51 mm), Agosto (53 mm) e Giugno (55 mm).

Le rilevazioni più antiche riguardano il ventennio 1911 -1930, dove per l'Osservatorio di Borgo S.Siro la quantità di pioggia media annua era di 805 mm.

Per il periodo 1960 - 1985, le precipitazioni medie mensili ( mm) sono riportate nella sottostante tabella.

Stazione	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Ann o
Gambolò	58.2	69.4	81.4	75.3	86	70.8	49.7	77	63.6	103.4	88	59.6	882.3
S. Giorgio	53.2	70.5	66.5	71.2	73	57.2	45.2	69	53	86	83.4	56.3	784.6
Gropello	67.1	66.5	76.9	65.6	81.6	69.1	48.4	78.1	64.9	98.2	88.4	56.7	861.5

Le precipitazioni presentano due massimi rispettivamente nel periodo autunnale ed in quello primaverile e due minimi in quello estivo ed invernale.

Secondo Rossetti (1995) "questi caratteri avvicinano la zona al regime appenninico in quanto, anche se poco differenziati da quelli secondari, il massimo principale è in autunno ed il minimo principale in estate. Il regime prealpino mostra invece il max principale in primavera ed il min principale in inverno"

Dalla tabella e dagli istogrammi ( a fondo capitolo) si vede come il mese più piovoso sia Ottobre e quello a minor piovosità Luglio.

La sottostante tabella evidenzia la distribuzione percentuale sul totale della piovosità nei diversi periodi dell'anno in particolare per primo e il secondo, max e min.

Stazione	O - N	A- M	L - A	G - F
Gambolò	23.1 %	18.3 %	14.4 %	14.5 %
S. Giorgio	21.5 %	18.4 %	14.5 %	15.8 %
Gropello	21.6 %	17.1 %	14.7 %	15.5 %

Se si considerano le precipitazioni dall'inizio dell'anno civile per i singoli trimestri si ottengono le seguenti percentuali :

Stazione	G - F - M	A - M - G	L - A - S	O - N - D
Gambolò	23.7 %	26.3 %	21.6 %	28.4 %
S.Giorgio	24.2 %	25.7 %	21.3 %	28.8 %
Gropello	24.4 %	25.1 %	22.2 %	28.2 %

Per quanto riguarda le rilevazioni più recenti degli anni 90 si fa riferimento ai dati ERSAL in particolare per la stazione pluviometrica di Castello d'Agogna, posta nel medesimo comprensorio irriguo e circa alla stessa quota topografica di Tromello.

I dati completi riguardano gli anni 1993, 1995, 1996. Il periodo di osservazione è comunque troppo breve per raffronti con le altre stazioni e le misurazioni effettuate hanno solo uno scopo orientativo.

#### STAZIONE DI CASTELLO D 'AGOGNA

Ann o	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Tot
199 3	118	42. 6	50. 8	95. 6	87.2	34	0.8	63. 4	215. 6	145. 8	70.8	11.2	829.6
199 5	216. 6	73. 6	30. 2	45. 8	165. 6	92	42. 2	20. 2	158. 8	25	107. 8	56	1033. 8
199 6	194. 2	43. 6	14. 8	74. 8	86.4	35. 8	33. 8	36. 2	65.2	126	40.4	127. 4	878.6

Durante l'alluvione del 1993 nel solo mese di settembre caddero nell'ultima decade ed in 7 giorni 191 mm di pioggia ,seguiti da 84 mm in 6 gg nella prima decade di ottobre.

## 12.0 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRITORIO

---

I dati sono stati reperiti in parte da pubblicazioni esistenti per la realizzazione di opere pubbliche ed in parte da studi compiuti dallo scrivente che hanno permesso una ricostruzione geologico-tecnica del sottosuolo fino a quote di 10-15 metri dall'attuale piano-campagna.

Essendo stata riscontrata una reale omogeneità tra i singoli comparti di territorio individuati nell'ambito comunale, sia dal punto di vista geolitologico che morfologico, anche dal punto di vista geotecnico è possibile effettuare una spiegazione con riferimento alla unità litologica precedentemente descritta.

Vengono, nella tabella seguente, rappresentati i principali caratteri geotecnici necessari per un dimensionamento di massima delle opere fondazionali:

Unità litologica di riferimento	$\gamma$ sat ( t / mc )	attrito effettivo (°)	coesione effettiva ( t / mq )
FIW	1.6 - 1.9	30 - 32	0

Con :

$\gamma$  sat = peso di volume saturo del terreno

$\phi$  = angolo di attrito del terreno (in gradi)

$C'$  = coesione, espressa in sforzi effettivi.

Questi parametri, ottenuti direttamente con prove in situ e/o di laboratorio, sarebbero integrabili con altri, quali la Densità relativa  $D_r$  (%) per terreni sabbiosi ed il contenuto in acqua  $W$  (%) prove, ottenibili però per successive estrapolazioni e quindi meno attendibili.

Per un corretto utilizzo dei parametri geotecnici indicati sopra e sulla loro validità ed attendibilità, vanno comunque fatte alcune considerazioni:

1. I parametri geotecnici relativi al terreno di copertura (vegetale) non vengono valutati, in quanto, per ogni tipo di intervento, viene asportato uno strato

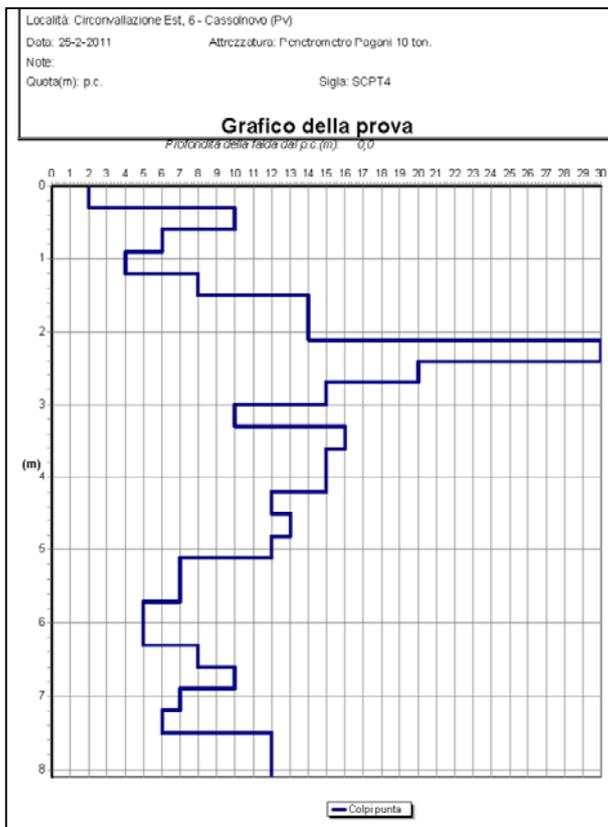
medio di 0.5 - 1.0 metri di tale materiale superficiale, onde evitare, considerata la sua disomogeneità, effetti indesiderati sulla stabilità delle fondazioni.

2. I parametri indicati sono stati dedotti dagli abachi di riferimento per prove penetrometriche statiche e dinamiche e per prove S.P.T., eseguite nei fori di sondaggio, condotte secondo gli standard consigliati dall'A.G.I. (Ass. Geotecnica Italiana - 1977).
3. Sono da considerarsi valori medi indicativi, che esprimono un intervallo di definizione a cui i tecnici possono fare riferimento.
4. Si ritiene comunque necessario nel calcolo progettuale effettuare la verifica delle caratteristiche geotecniche con l'esecuzione di prove mirate a seconda delle opere da realizzare e della loro ubicazione ne, nel rispetto del D.M. 14/01/2008 ( "Norme tecniche sui terreni e sulle rocce .....").
5. Considerata l'eterogeneità del territorio in oggetto, soggetto a variazioni sia litologiche che idrogeologiche anche all'interno di aree limitate, è sempre consigliabile una indagine preventiva delle reali condizioni del sottosuolo, anche nel caso di interventi effettuati in aree confinanti.
6. Per quanto riguarda infine le condizioni di saturazione dei terreni, la falda freatica tende ad avvicinarsi al piano di campagna nella porzione occidentale del territorio comunale (cfr. § 1.5.2),
7. assumendo localmente valori di soggiacenza in grado di interferire con la maggior parte degli
8. interventi edilizi usuali.

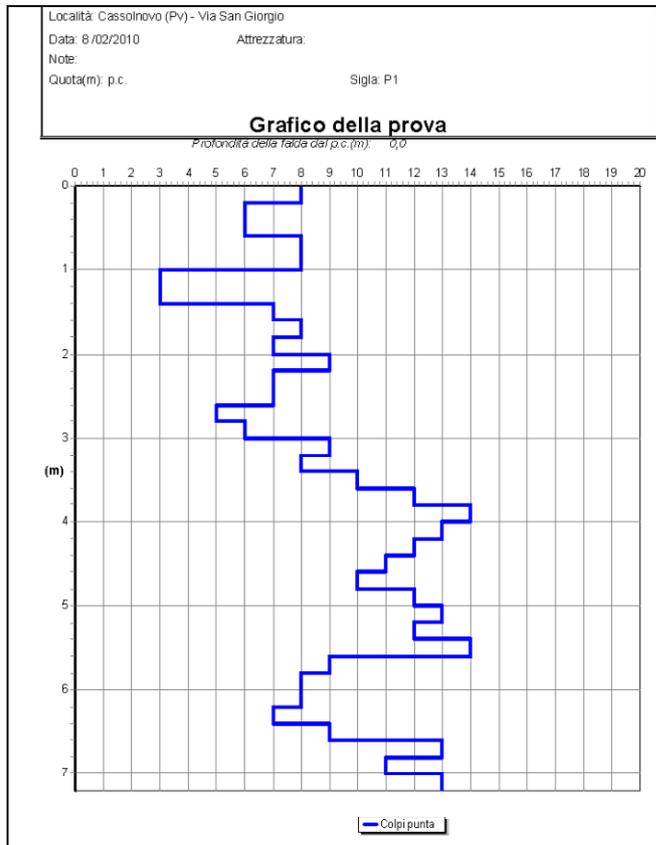
Sulla base di queste considerazioni generali possiamo classificare il territorio di Cassolnovo come appartenente alla "Area" in cui per la natura dei terreni superficiali e quelli posti nell'immediato sottosuolo i processi di consolidazione sono rapidi: ad essa corrispondono i terreni sabbiosi e ghiaiosi e quando lo spessore di un'eventuale coltre limosa è talmente di modesta da essere praticamente trascurata.

MODELLI DI TERRENO ESTRAPOLATI RISPETTIVAMENTE DALLE PROVE GEOTECNICHE N° 1, 2 E N°3.

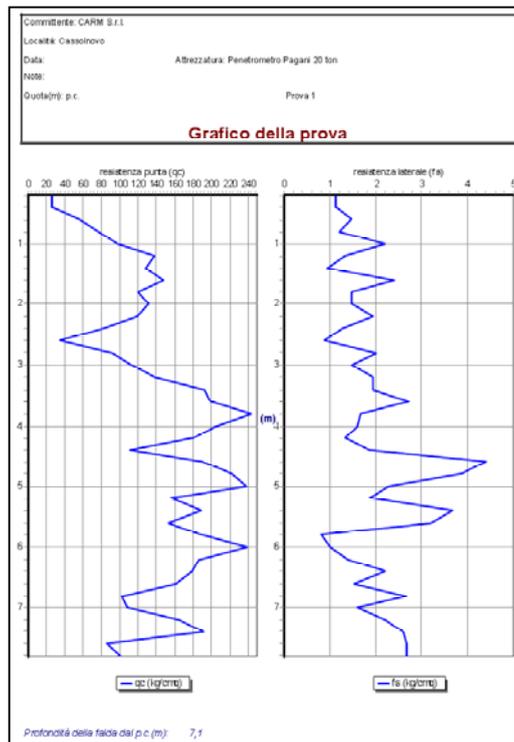
1 (SCPT)



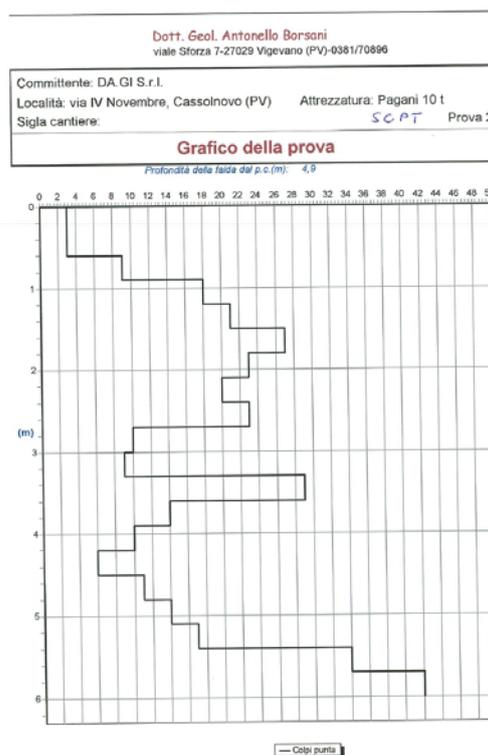
2 (SCPT)



3 (CPT)

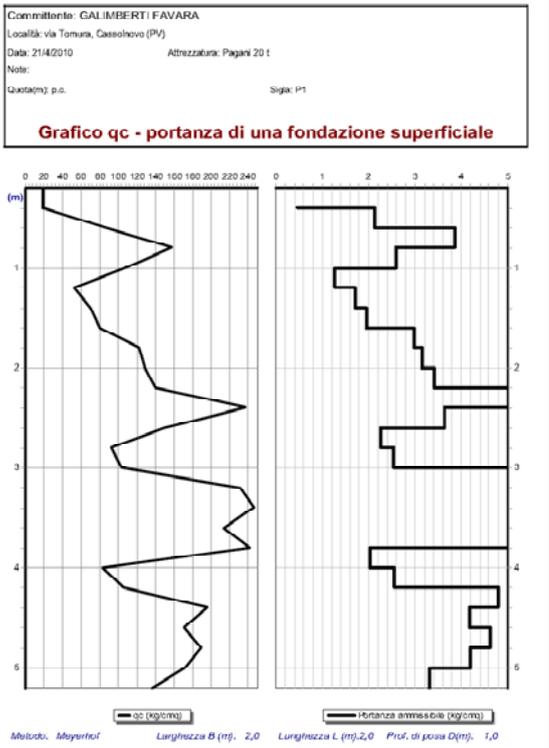


4 (SCPT)

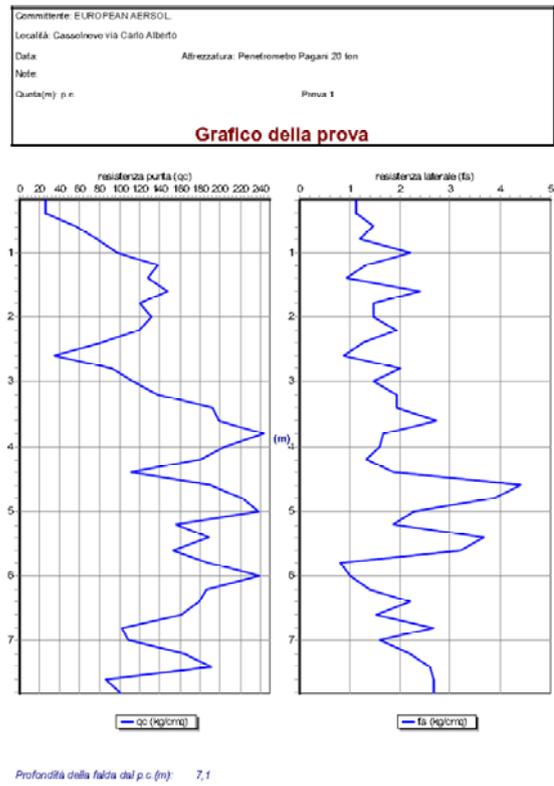


Data: 29/05/2006

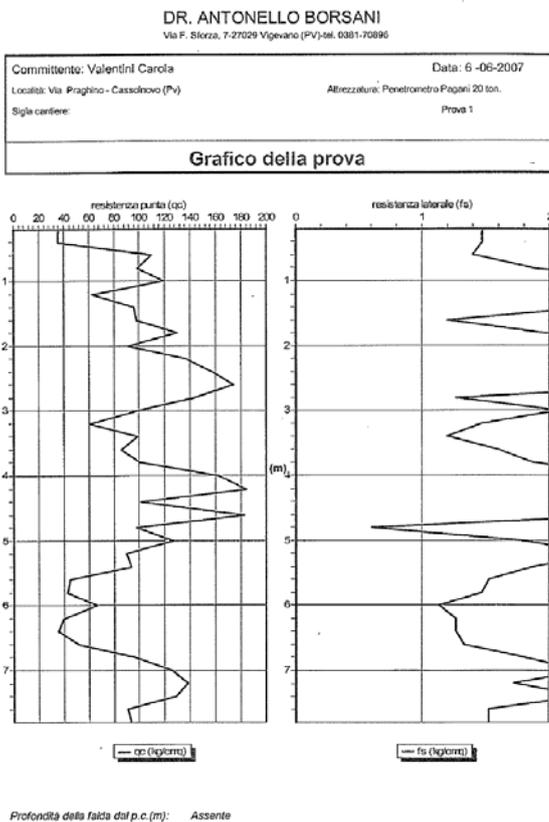
5 (SCPT)



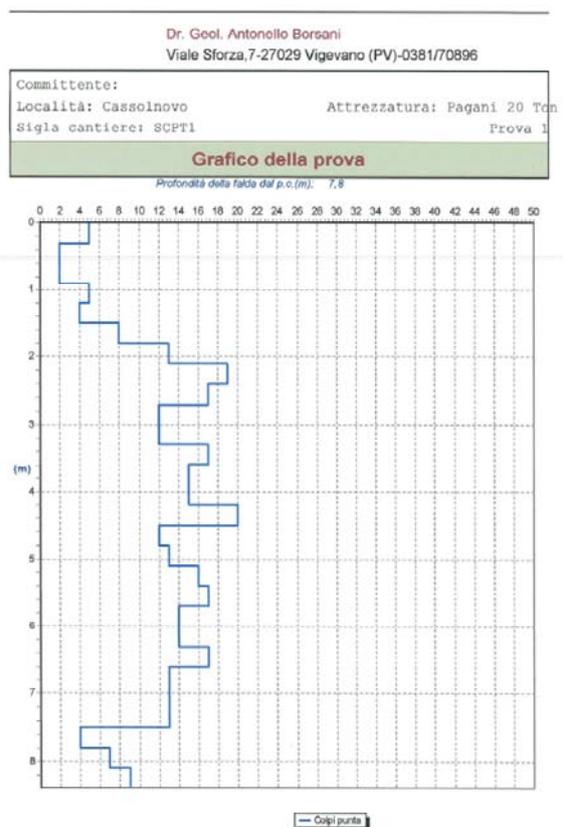
6 (SCPT)



7 (CPT)



8 (SCPT)

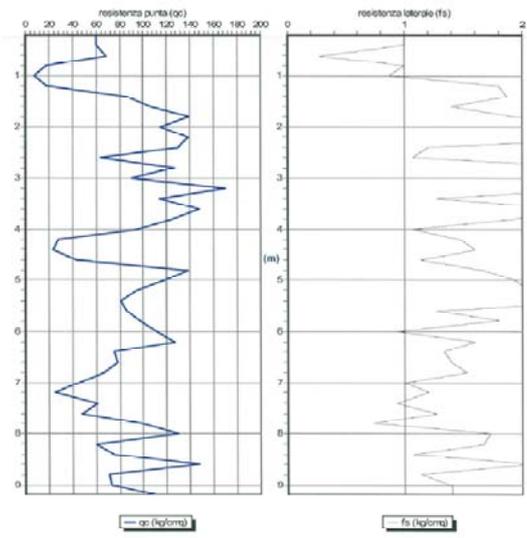


9 (CPT)

**DR. ANTONELLO BORSANI**  
Via F. Sforza, 7-27020 Vigevano (PV)-tel. 0381-70856

Committente: Immobiliare Isidoro	Data: 11-04-07
Località: Cassolovo-Via Del Porto	Attrezzatura: Penetrometro Pagani 20 Ton.
Sigla cantiere:	Prova 1

**Grafico della prova**



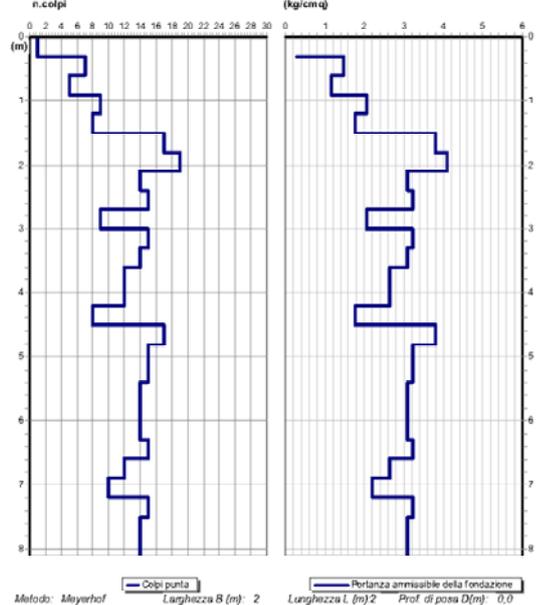
Profondità della falda dal p.c.(m): Assente

SCPT 10

**Dr. Antonello Borsani**  
Viale F. Sforza, 7-27020 Vigevano (PV)-Telefono 0381-70856-email: antiborsani@libero.it

Committente: Imm. XX settembre	Data: 25-2-2011
Località: Via Roma - Cassolovo (PV)	Attrezzatura: Penetrometro Pagani 10 ton.
Nota: Quota(m): p.c.	Sigla: SCPT1

**Grafico n.colpi - portanza di una fondazione superficiale**



Metodo: Meyerhof      Lunghezza B (m): 2      Lunghezza L (m): 2      Prof. di posa D(m): 0.0

### 13.0 PRESCRIZIONI GEOTECNICHE

---

E' ovvio che il tipo e la quantità delle prospezioni geologiche da programmare dipendono dalla complessità litologica, dall'entità dell'opera, dalle fondazioni prospettate e dall'entità dei carichi che verranno trasmessi al sottosuolo (volume significativo).

Per i motivi esposti le indicazioni circa le analisi consigliate sono orientative e non vincolanti per il Progettista, il quale è chiamato solo ad una scrupolosa attuazione delle direttive emanate dal **D.M. 14 /01/2008** - "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*" , **Circolare LL.PP. n. 30483 del 24. 09. 1988**, di istruzioni, dichiarazione del Progettista che sono verificate le condizioni di cui al **D.M. LL.PP. 20 /11/97** per lavori su fabbricati esistenti.

Ciò premesso si ritiene tuttavia di suggerire che la scelta dei mezzi di indagine debba essere effettuata in rapporto alle litologie prospettate nel Piano e verificate nel corso dell'indagine stessa.

Ogni relazione geotecnica va corredata da:

- litostratigrafia;
- proprietà fisiche e meccaniche dei terreni;
- rilevazione del livello della falda e relativa fascia di escursione.
- Per la determinazione delle proprietà geotecniche dei terreni vanno indicate :
- le attrezzature e gli strumenti utilizzati (prove di laboratorio e/o in situ)
- il grado di affidabilità e attendibilità.

Analogamente, per le fondazioni su pali, la caratterizzazione geotecnica dovrà essere rilevata lungo l'intero fusto del palo fino ad una profondità definita, ad esempio, dalle raccomandazioni A.G.I. .

#### **Numero di indagini consigliate in funzione dell'entità dell'opera**

Facendo proprie e integrando le osservazioni di Colombo & Colleselli nella seconda edizione di "*Elementi di Geotecnica*" (Zanichelli 1996) vengono indicate il numero di linee verticali (profili geotecnici) da realizzare in alcuni casi esemplificativi a cui i Progettisti fanno riferimento per i programmi d'indagine, e in particolare :

- **per manufatti di altezza ed estensione limitata** (fabbricati civili e industriali fino a cinque piani di altezza) dovranno essere esplorate n. 3 linee verticali (pozzi esplorativi e/o sondaggi) e n. 3 profili penetrometrici; nel caso di lottizzazioni le indagini possono essere diminuite qualora sia comprovata una sufficiente omogeneità litologica e geotecnica del sottosuolo;
- **per fondazioni di opere sviluppate in lunghezza e altezza contenute** (es. muri di sostegno con altezza di 4- 10 m. ; rilevati di altezza di 4 - 10 m.) dovrà essere realizzata una verticale ogni 50 - 100 m. (con un minimo di 1 - 2 verticali) e altrettanti profili penetrometrici;
- **per gli scavi con profondità 3 -10 m.** varrà quanto indicato, in rapporto alla superficie, per i due punti precedenti;
- **per strutture di grande estensione superficiale** le verticali dovranno essere ubicate ai vertici di una maglia con interasse di 20 - 40 m. .

**La sostituzione di prove penetrometriche ai sondaggi e ai pozzi di rilevamento è ammessa quando sussiste una sufficiente uniformità litostratigrafica.**

## **14.0 ANALISI DEL RISCHIO SISMICO**

---

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area in esame.

Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati a riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area.

In funzione, quindi, delle caratteristiche del terreno presente si possono distinguere due grandi gruppi di effetti locali:

- 1) effetti di sito o di amplificazione sismica locale** > interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono divisibili in due sottogruppi

a) effetti di amplificazione topografica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali articolate e irregolarità topografiche.

b) effetti di amplificazione litologica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche

2) **effetti di instabilità** > interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche, che si manifesta con veri e propri collassi e/o movimenti di grandi masse di terreno e sono rappresentati da fenomeni diversi secondo le seguenti condizioni del sito:

a) versanti in equilibrio precario, con attivazione e/o innesco di movimenti franosi

b) aree interessate da strutture geologiche sepolte e/o affioranti tipo contatti tettonici o stratigrafici (faglie sismogenetiche)

c) terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico meccaniche con fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo

d) siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo

L'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274/2003 – "*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. in data 08/05/2003 ed entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica dal 23/10/05 individua in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale e fornisce le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone stesse ed è stata recepita dalla Regione Lombardia con d.g.r. n° 14964 del 07/11/2003 .

In adempimento, inoltre a quanto previsto dal successivo D.M. 14 sett. 2005 "*Norme tecniche per le costruzioni*" (attualmente in periodo sperimentale di 18 mesi di non obbligatorietà delle norme in esso contenute) viene prevista, ad integrazione dello Studio Geologico, geomorfologico ed idrogeologico per la pianificazione del territorio comunale, **l'analisi della sismicità** e la redazione di una "**Carta della pericolosità sismica**" , secondo le modalità indicate in **All.5** alla D.G.R. n° 8/1566 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, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n 12**".

## **ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO E CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE**

La metodologia utilizzata si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia, 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:

### **1° livello: riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche, sia di dati esistenti**

E' obbligatorio per tutti i Comuni e prevede la redazione della **Carta della pericolosità sismica locale** con perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo (riportate in Tab.1- All. 5 /D.G.R. 8 dl 22/12/2005) in grado di determinare gli effetti sismici locali.

### **2° livello: caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica locale.**

L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale

Il 2° livello è obbligatorio per i Comuni ricadenti nelle Zone sismiche 2 e 3, nelle aree PSL, individuate attraverso il 1° livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1, riportata in Tav. 3 -Carta della Pericolosità Sismica).

Per i Comuni in Zona sismica 4 tale livello deve essere applicato (aree PSL Z3 e Z4) solo nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti come definite in d.g.r. n°14964/2003; ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche ad altre categorie di edifici.

### **3° livello: definizione degli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi più approfondite.**

Tale livello si applica, in sede di progettazione, nei casi:

- a seguito dell'applicazione del 2° livello, risulta inadeguata la normativa sismica nazionale per gli scenari PSL d zone Z3 e Z4;

- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e zone di contatto tra litotipi a caratteri fisico meccanici molto diversi (Zone Z1, Z2, 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 perchè sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

Il territorio del **Comune di Cassolnovo** occupa una superficie all'interno della piana alluvionale del Ticino caratterizzata da una morfologia pianeggiante, interrotta solo dalla incisione rappresentata dalla valletta fluviale entro la quale scorre il Ticino stesso; non sono presenti scarpate significative ed è posto su sedimenti di natura ghiaiosa e ghiaioso-sabbiosa tipici delle alluvioni fluviali

Secondo la più recente classificazione sismica (d.g.r. n° 14964 del 23/09/05) risulta inserito in **Zona 3** (terrazzo fluviale) e in **Zona 4**, di **"sismicità bassa"** (S =6).

A seguito di analisi degli elaborati grafici e dei dati raccolti per la redazione del presente studio, ed in considerazione della uniformità dei caratteri geomorfologici, geolitologici e fisico meccanici rilevati, si è proceduto alla definizione delle zone di PSL ed alla classe di pericolosità sismica di appartenenza.

A livello locale gli effetti da prendere in considerazione sono riconducibili ad amplificazioni litologiche e geometriche e si è ritenuto corretto considerare la superficie comunale (tra quelle definite nelle tabelle di riferimento) come appartenente alle seguenti zone di PSL (Pericolosità Sismica Locale):

**Z4a: zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e fluvio – glaciali granulari e coesivi.**

**Z3a: zona di ciglio  $H > 10$  m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)**

**Z4a: zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e fluvio – glaciali granulari e coesivi.**

Per tale zona viene indicata una classe di pericolosità sismica H2 per la quale si prevedono eventuali approfondimenti al 2° solo per costruzioni strategiche e rilevanti (ai sensi della D.G.R. n° 14964/2003), non presenti allo stato attuale sul territorio di studio.

Nell'elaborato cartografico di riferimento (TAV. 7 – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE) è stata pertanto riportata la perimetrazione con retino trasparente azzurro e azzurro più chiaro, della zona unitaria di pericolosità con indicazioni della litologia superficiale.

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

## **15.0 - SINTESI E FATTIBILITA' GEOLOGICA**

---

La sovrapposizione e la connessione dei dati rappresentati nelle varie carte tematiche allegare alla presente relazione hanno portato alla realizzazione di una Carta di Sintesi e Fattibilità geologica che identifica e riunisce in varie classi le porzioni di territorio assimilabili in base ai loro caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici e geotecnici.

La classificazione utilizzata ha il compito di fornire:

- le indicazioni di massima sulle varie destinazioni d'uso,
- gli elementi da valutare per gli interventi di piano
- le indagini da prescrivere (geologiche geotecniche, etc.) in sede di progettazione dei singoli interventi
- le direttive per programmare eventuali opere di riduzione di rischi potenziali
- le direttive per programmare controlli/verifiche periodici di fenomeni in atto.

Nel territorio in esame sono state individuate tre classi fondamentali di fattibilità geologica.

### **CLASSE II - FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI** (COLORE GIALLO)

Classe che comprende aree con condizioni limitative dovute alla presenza di terreni limoso-argillosi compressibili e/o a limitata soggiacenza della falda acquifera (sospesa) a terreni sabbioso-ghiaiosi ad elevata permeabilità (vulnerabilità medio-alta).

Si richiedono approfondimenti di carattere geotecnico ed idrogeologico, al fine di verificare eventuali disomogeneità areali dei terreni di fondazione e di identificare le corrette tipologie fondazionali adottabili in relazione all'entità dell'intervento; va inoltre verificata puntualmente la soggiacenza della falda (per possibile presenza di falde "sospese" -temporanee) per la realizzazione di locali seminterrati e/o in sotterraneo (Box, cantine).

Sono richieste indagini dettagliate (studio geologico - geotecnico) in ottemperanza al D.M. 14/01/2008 .

Aree in "fascia C" di PAI;

### **CLASSE III - FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI** (COLORE ARANCIO)

Aree con consistenti limitazioni alla destinazione d'uso dei terreni. In questa classe rientrano:

- **AREE IN "FASCIA B" DI PAI ;**
- **AREE IN "FASCIA C" DELIMITATA INTERNAMENTE DAL LIMITE DI PROGETTO TRA LA**
- **"FASCIA B" E LA "FASCIA C" DI PAI ;**
- **AMBITI DI RILEVANZA AMBIENTALE E NATURALISTICA (AREA DI RIQUALIFICAZIONE E RICOMPOSIZIONE DELLA TRAMA NATURALISTICA- PTCP)**
- **AREE CON GRADO DI PROTEZIONE DELLA FALDA MEEDIO-BASSA**

#### **CLASSE IV - FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI** (COLORE ROSSO)

Le seguenti aree ad elevato rischio idrogeologico nelle quali è escluso l'uso a fini edificativi, se non opere tese a consolidamento, miglorie dell'assetto idrogeologico e/o rinaturalizzazione, ed esistono gravi limitazioni alla modifica di destinazione d'uso.

- **FASCIA DI PROTEZIONE ASSOLUTA PUNTI CAPTAZIONE ACQUE AD USO IDROPOTABILE**  
(10 metri / D. Lgs. 258/00 art. 5- comma 4)
- **FASCE DI RISPETTO – VINCOLO IDROGEOLOGICO (10-6-4 METRI) DAL CIGLIO DEI CORSI D'ACQUA MINORI** (rogge, canali irrigui e colatori principali indicati in cartografia) che transitano sul territorio comunale come da L.R.1/2000 art. 3 comma 114 e modifiche L.R 5/2003 art. e L.R. n. 5/2004 art 22 secondo quanto previsto dal R.D. 523/1904.
- **AREE CON EMERGENZE IDRICHE DIFFUSE (FONTANILI)**
- **AREE IN "FASCIA A" DI PAI ;**

**LE ZONE INTERNE ALLE AREE DI RISPETTO DELLE OPERE DI CAPTAZIONE AD USO IDROPOTABILE ESTESE A 200 METRI DI RAGGIO DAL PUNTO DI PRELIEVO, MANTENGONO SEGUONO LA CLASSE DI APPARTENENZA .**

Nelle area definite da tale raggio per insediamenti a rischio e attività ritenute pericolose valgono le prescrizioni contenute nell' art 5 - comma 5 D. Lgs n° 258/2000. Vanno inoltre applicate le restrizioni emanate dalla Regione Lombardia relative alle seguenti strutture ed attività:

- fognature;
- edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
- opere viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio;
- distribuzione di concimi chimici e fertilizzanti in agricoltura.

L'attuazione degli interventi o delle attività elencate all'art. 5 / comma 6 del D. Lgs. 258/2000 è subordinata all'esecuzione di indagini idrogeologiche di dettaglio per la ripermimetrazione (secondo criterio temporale o idrogeologico) di tali zone.

## BIBLIOGRAFIA

---

CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, scala 1 : 100.000 - Fg. 44 Novara -

Serv. Geol. Italiano, ROMA (1965)

Ing. L. CATI - Idrografia e Idrologia del PO - Ministero dei Lavori Pubblici -

Servizio Idrografico ; Istituto poligrafico e Zecca dello Stato - 1981

CELICO P. - Prospezioni Idrogeologiche / Liguori Ed.- Napoli.

CASATI P. - Acque sotterranee di Lombardia - Dip. Sc. della Terra  
Università degli Studi di Milano.

P. COLOMBO, F. COLESELLI - Elementi di geotecnica - / Zanichelli, 1996

De WRACHIEN D., PREVITALI F. - Lineamenti geologico-agrari della media e bassa Lombardia -  
(GEOL. Tecnica, n. 2/1976).

ERSAL Progetto "CARTA PEDOLOGICA" / I suoli del Parco Ticino settore meridionale  
-Regione Lombardia (1996)

FRANCANI V. (et alii)- Proposta di normativa per l'istituzione per le fasce di rispetto delle opere di  
captazione di acque sotterranee - GEO-GRAPH,Milano 1988.

LANCELOTTA R. - Geotecnica - Zanichelli Bologna (1987)

MARCHETTI G. - Piano Prov. Cave - Note Illustrative - Pavia, 1990

OTTONE C., ROSSETTI R. - Condizioni termopluviometriche della Lombardia - Atti Ist. Geol.  
Università di Pavia, n 29 (1980)

G.PILLA, R.SAVARINO - Le risorse idriche nel sottosuolo della Città di Pavia  
Atti Ticinensi di Scienza della Terra, Università di Pavia-1998

PREVITALI F. - Introduzione allo studio dei suoli. Clesav, Milano (1984)

QUADERNI IRSA -Indagine preliminare sulle falde acquifere profonde, provincia di Pavia.

TARAMELLI - Descrizione geologica della Provincia di Pavia Istituto Geografico De Agostini di  
Novara-1916