

UNIONE DEI COMUNI LOMBARDI DEL TIDONE PAVESE

Ruino - Valverde

Provincia di Pavia

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

**COMPONENTE GEOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA**

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

**R
U
I
N
O**



RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Comune di Ruino
Sindaco: Sig. SERGIO LODIGIANI

Presidente dell'Unione
Sig. SERGIO LODIGIANI

Il Professionista incaricato
Dott. Geol. DANIELE CALVI

Comune di Valverde
Sindaco: Sig. ALBERTO DEGLI ANTONI

Segretario dell'Unione
dott. UMBERTO FAZIA MERCADANTE

Responsabile del Servizio Territorio
dott. UMBERTO FAZIA MERCADANTE

giugno 2012

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
1.1	OGGETTO DELLO STUDIO	1
1.2	DOCUMENTAZIONE REALIZZATA	2
1.3	DOCUMENTAZIONE UTILIZZATA	3
1.4	ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO	5
2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E CLIMATICO	7
2.1	CARATTERIZZAZIONE FISIOGRAFICA	7
2.2	UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE AFFIORANTI	9
	2.2.1 Coperture quaternarie di natura alluvionale	10
	2.2.2 Formazioni marine (bed-rock)	11
2.3	ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE	13
2.4	GEOMORFOLOGIA	14
2.5	CARATTERIZZAZIONE DEI DISSESTI FRANOSI – QUADRO DEL DISSESTO	15
	2.5.1 Tipologia	16
	2.5.2 Localizzazione e descrizione dei dissesti principali	17
	2.5.3 Cause indotte	19
2.6	INQUADRAMENTO CLIMATICO	19
	2.6.1 Pluviometria	20
	2.6.2 Temperatura	20
3.	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO	23
3.1	IDROGRAFIA SUPERFICIALE	23
3.2	DETERMINAZIONE DEL RETICOLO IDRICO PRINCIPALE E MINORE	23
3.3	STRUTTURA IDROGEOLOGICA DI DETTAGLIO	25
3.4	CLASSI DI PERMEABILITÀ	28
4.	ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO FINALIZZATE ALLA DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE SISMICA NEI PIANI DI GOVERNO DEL TERRITORIO	29
4.1	PREMESSA	29
	4.1.1 Pericolosità, vulnerabilità e rischio	31
4.2	INFORMAZIONI RELATIVE ALLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO COMUNALE DI RUINO (PV)	36
	4.2.1 Dati storici	36
	4.2.2 Database Macrosismico Italiano 2004 (DBMI04) – Estrazione dei dati	38
4.3	QUADRO NORMATIVO NAZIONALE E REGIONALE	42
	4.3.1 Azione sismica – Categorie di sottosuolo	45
	4.3.2 Azione sismica – Zone sismiche	46
4.4	METODOLOGIA UTILIZZATA PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI SISMICI DI SITO	47
4.5	VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE DEL TERRITORIO DEL COMUNE DI RUINO SECONDO LE INDICAZIONE DELLE D.G.R. 22 DICEMBRE 2005, N°8/1566	50

5.	CARATTERISTICHE GEOLOGICO – APPLICATIVE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO	54
5.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE	54
5.2	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA PRELIMINARE DEI TERRENI INVESTIGATI	55
5.2.1	Unità rocciose a litofacies omogenee	55
5.2.2	Unità rocciose a litofacies eterogenee	57
5.2.3	Accumuli caotici	58
6.	ZONAZIONE DEL TERRITORIO – METODOLOGIA UTILIZZATA	59
6.1	CARATTERISTICHE DI VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI	59
6.2	INDIVIDUAZIONE DELLE AREE OMOGENEE DAL PUNTO DI VISTA DELLA PERICOLOSITÀ / VULNERABILITÀ RIFERITA ALLO SPECIFICO FENOMENO CHE LE GENERA	60
6.3	ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI DI INGRESSO	61

ALLEGATI

BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

FIGURE IN TESTO

Fig. 1	<i>Inquadramento dell'area nel sistema cartografico regionale</i>	8
Fig. 2	<i>Schema strutturale dell'Appennino pavese-piacentino</i>	9
Fig. 3	<i>Istogramma delle precipitazioni relative alla stazione di Romagnese. Periodo 1921 / 1970</i>	20
Fig. 4	<i>Climogramma relativo alla stazione di Romagnese – periodo 1921-1970</i>	21
Fig. 5	<i>Diagramma ombrotermico relativo alla stazione di Molato Diga</i>	21
Fig. 6	<i>Indice di aridità mensile relativo alla stazione di Molato Diga – media 1940-1969</i>	22
Fig. 7	<i>Tabella comparativa Grado Richter – Grado M.C.S.</i>	30
Fig. 8	<i>Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV, aprile 2004)</i>	32
Fig. 9	<i>Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale. - Dettaglio per la Regione Lombardia (INGV, aprile 2004)</i>	33
Fig. 10	<i>Massime intensità Macrosismiche osservate in Italia (Fonte I.N.G.V.)</i>	37
Fig. 11	<i>Massime intensità macrosismiche registrate in Lombardia (fonte INGV)</i>	38
Fig. 12	<i>Elenco dei terremoti in cui risulta citata la località di Varzi (PV)</i>	39
Fig. 13	<i>Diagramma della storia sismica di Varzi limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5</i>	39
Fig. 14	<i>Zonazione sismogenetica ZS9 (da Rapporto conclusivo del Gruppo di lavoro per la redazione della Mappa di pericolosità sismica – INGV, aprile 2004)</i>	41

TABELLE IN TESTO

TAB.1	<i>Osservazioni sismiche a Pavia</i>	40
TAB.2	<i>Classificazione del territorio regionale a seguito dell'entrata in vigore dell'O.P.C.M. 3274/03</i>	43
TAB.3A	<i>Provincia di Pavia - Raffronto tra il precedente quadro normativo e l'attuale</i>	44
TAB.3B	<i>Comuni della Provincia di Pavia ricadenti in zona 2 e zona 3 a seguito dell'entrata in vigore dell'O.P.C.M. 3274/03</i>	44
TAB.4	<i>Livello di approfondimento dello studio in relazione alla zona sismica di appartenenza</i>	50
TAB.5	<i>Comune di Ruino - Scenari di pericolosità sismica locale ed effetti sismici locali attesi</i>	51
TAB.6	<i>Comune di Ruino - Classi di pericolosità sismica per ogni scenario di pericolosità sismica locale</i>	52
TAB.7	<i>Classi di ingresso dei poligoni individuati nella carta di sintesi</i>	62

1. INTRODUZIONE

1.1 OGGETTO DELLO STUDIO

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

Il presente lavoro, redatto per conto dell'Unione dei Comuni Lombardi del Tidone Pavese (costituita dai comuni di Ruino e Valverde), è stato predisposto secondo due livelli conoscitivi e diagnostici: uno generale di inquadramento, riguardante l'intera superficie territoriale del Comune di Ruino (21,28 Km²) ed un suo significativo intorno (Tavole 1-2-3 - scala 1:10.000), ed uno di dettaglio, limitatamente al territorio comunale interessato in tutta la sua estensione dalla copertura aerofotogrammetrica (riferimento Tavole 4-5-7-8-9 - scala 1:5.000; Tavola 6 - scala 1:10.000).

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

- | | |
|------------------------------|----------------------|
| - Ruino (capoluogo comunale) | - Casa Giorgini |
| - Pometo (sede municipale) | - Casa Vannone |
| - Brugneto | - Casone |
| - Ca' dei Gatti | - Castagnole |
| - Ca' del Gatto | - Colombara |
| - Ca' del Matto | - Costa Trentini |
| - Ca' Del Zerbo | - Gallara |
| - Cà Laba | - Montelungo |
| - Ca' Olesi | - Montù Berchielli |
| - Ca' Zanolo | - Pareto |
| - Ca' Zuffada | - Rossarola |
| - Canavera | - San Antonio |
| - Casa Callegara | - Torre degli Alberi |

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

1.2 DOCUMENTAZIONE REALIZZATA

La valutazione delle componenti fisiche che hanno interagito o interagiscono con il territorio e che lo caratterizzano (elementi geologici, geomorfologici, idrogeologici e geotecnici), ha permesso di giungere alla stesura di 9 elaborati cartografici di riferimento, concepiti per essere letti in funzione della pianificazione urbanistica e dell'edificabilità del territorio, allestiti sia alla scala 1:10.000 (Tavole n°1-2-3-6), che alla scala 1:5.000 (Tavole n°4-5-7-8-9).

Tutti gli elaborati grafici vengono realizzati su supporto informatico. In particolare, tutte le tavole vengono realizzate in formato numerico File *AutoCAD drawing* (.dwg); inoltre la Tavola n°4 "CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) CON UBICAZIONE DEI DATI LITOSTRATIGRAFICI, GEOGNOSTICI E GEOTECNICI", la Tavola n°6 "CARTA DEL DISSESTO UNIFICATO ALLA LEGENDA DEL P.A.I." e la Tavola n°9 "CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO COMUNALE", vengono fornite su supporto informatico in formato shapefile ArcView (.shp), per l'aggiornamento del Sistema Informativo Territoriale, ai sensi dell'art. 3 della L.R. 12/05.

Documentazione di analisi – carte di inquadramento generale

SCALA

- | | | |
|----|--|----------|
| 1. | CARTA DI INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO E STRUTTURALE | 1:10.000 |
| 2. | CARTA GEOMORFOLOGICA | 1:10.000 |
| 3. | CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO | 1:10.000 |

Documentazione di analisi – carta di inquadramento di dettaglio

- | | | |
|----|---|---------|
| 4. | CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) CON UBICAZIONE DEI DATI LITOSTRATIGRAFICI, GEOGNOSTICI E GEOTECNICI | 1:5.000 |
| 5. | CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO | 1:5.000 |

Documentazione di sintesi

- | | | |
|----|---|----------|
| 6. | CARTA DEL DISSESTO UNIFICATO ALLA LEGENDA DEL P.A.I. | 1:10.000 |
| 7. | CARTA DEI VINCOLI ESISTENTI | 1:5.000 |
| 8. | CARTA DI SINTESI | 1:5.000 |
| 9. | CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO COMUNALE | 1:5.000 |

La tavola n°9, in particolare, riporta la zonazione del territorio del Comune di Ruino in classi e sottoclassi di fattibilità geologica a diversa limitazione (numerate da 3A a 4E in ordine crescente di limitazioni e condizionamenti, secondo quanto stabilito dalla D.G.R. 22 dicembre 2005, n°8/1566 e suoi aggiornamenti - D.G.R. 28 maggio 2008, n°8/7374 e D.G.R. 30 novembre 2011, n°9/2616 -, con riferimento alla *Norme geologiche di Piano*) consentendo, in ultima analisi, di trarre delle indicazioni generali relativamente alle cautele da adottare per gli interventi di Piano e alla tipologia degli studi geologici e delle indagini da effettuare per gli approfondimenti del caso, finalizzati alla riduzione del rischio idrogeologico e idraulico.

Fanno infine parte integrante del presente lavoro le seguenti relazioni:

Relazioni tecniche

- a) RELAZIONE ILLUSTRATIVA
- b) NORME GEOLOGICHE DI PIANO
- c) RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO COMUNALE

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

1.3 DOCUMENTAZIONE UTILIZZATA

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

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

Sezioni

- B8c4 "Rocca De' Giorgi"
- B8c5 "Ruino"
- B9c1 "Zavattarello"

— C.T.R. Regione Emilia-Romagna scala 1:5.000

Sezioni

178 081		178 084
178 082		178 121
178 083		178 124

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

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

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

— fotografie aeree in B/N alla scala \cong 1:25.000 relative al volo del 06-04-1994 (strisciata n°38 fotogrammi 1192-1196, strisciata n°39 fotogrammi 1224-1226).

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

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO

- *"MODIFICHE E INTEGRAZIONI AL PROGETTO DI PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)"* 2. Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - Delimitazione delle aree di dissesto
Aggiornata con le ulteriori integrazioni ai sensi art. 5 deliberazione Comitato Istituzionale n.18/2001 Foglio 178 SEZ. I "Montalto Pavese" - SCALA 1:25.000
Foglio 178 SEZ. II "Varzi" - SCALA 1:25.000

REGIONE LOMBARDIA

- GeoPortale
<http://www.cartografia.regione.lombardia.it/geoportale>
⇒ Basi tematiche ⇒ Geologia e difesa del suolo
Studi Geologici - Servizio di Mappa (ArcIMS) - PAI Dissesti
Studi Geologici - Servizio di Mappa (ArcIMS) - PAI Fasce Fluviali
Applicativo Studi Geologici Comunali
- Base dati geografica: GEOIFFI
PROGETTO IFFI - Inventario dei Fenomeni Franosi in Lombardia
Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia
<http://www.cartografia.regione.lombardia.it/GeoIFFI>

PROVINCIA DI PAVIA

- Carta Inventario del Dissesto - scala 1:10.000 (*Cartografia tratta dal Programma Provinciale di Previsione e Prevenzione*)
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - Provincia di Pavia - (P.T.C.P., Approvato con deliberazione di Consiglio Provinciale n°53/33382 del 7 novembre 2003).
Tavola 3.2b / 3.2c *Previsioni di tutela e valorizzazione delle risorse paesistiche e ambientali*
Tavola 3.3b / 3.3c *Quadro sinottico delle Invarianti*
- Piano Cave della Provincia di Pavia approvato dal Consiglio Regionale - Regione Lombardia - in data 20/02/2007 con D.C.R. n°VIII/344
- Provincia di Pavia - Settore Cave - Individuazione di possibili geositi nel territorio della Provincia di Pavia (2003)
- Provincia di Pavia - Settore Cave - "I Geositi della Provincia di Pavia" - L. Pellegrini - P.L. Vercesi, dicembre 2005

- Carta dei centri abitati instabili (*Centri abitati instabili della Provincia di Pavia. Vol.1 - Centri interessati da provvedimento di risanamento, consolidamento o trasferimento*. Pubblicazione CNR-GNDCI n°1780)
- Progetto Speciale Oltrepò Proposta di Piano di riassetto globale del territorio, ai sensi dell'art.2 della L.R. n°59/78. AQUATER 1986

1.4 ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO

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

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

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

- Ufficio Tecnico Comunale di Ruino
 - Regione Lombardia – Struttura Territoriale Regionale (STER) di Pavia
 - Amministrazione Provinciale di Pavia Assessorato al Territorio - Servizio Geologico e Settore Tutela e Valorizzazione Ambientale – Settore acqua
 - Comunità Montana dell'Oltrepò Pavese - Varzi
 - Università degli Studi di Pavia - Dipartimento di Scienze della Terra
 - A.C.A.O.P. S.p.A.
- analisi fotointerpretativa
 - analisi areale di tutto il territorio comunale e di un suo significativo intorno che ha previsto, accanto a rilievi geologici di tipo tradizionale, una preliminare caratterizzazione geotecnica dei terreni -coperture e substrato-, attraverso sia la raccolta e la successiva elaborazione dei dati esistenti (direttamente o indirettamente correlati ai fenomeni di instabilità dei versanti), sia attraverso l'esame di numerose scarpate, naturali e artificiali (scassi stradali, sbancamenti).
 - analisi idrogeologica, eseguita attraverso il censimento dei pozzi freatici (refer. Tavola 3 "CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO" e Tavola 5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO"). Il censimento dei pozzi per acqua ad uso domestico situati all'interno del territorio comunale, effettuato nei mesi di agosto - settembre 2002 nell'ambito dello studio geologico redatto a supporto del PRG vigente, ha permesso inoltre la definizione delle modalità di circolazione delle acque nel primo sottosuolo
 - elaborazione dei dati climatici (piovosità, temperatura)

- mappatura del reticolo idrografico principale e minore (rifer. Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO").
- valutazione delle problematiche inerenti la sismicità del territorio comunale, finalizzate alla predisposizione della Tavola n°4 "CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) CON UBICAZIONE DEI DATI LITOSTRATIGRAFICI, GEOGNOSTICI E GEOTECNICI"

Le informazioni inerenti alla caratterizzazione stratigrafico - geotecnica e idrogeologica del territorio comunale di Ruino, desunte dalle stratigrafie delle indagini geognostiche eseguite, sono state rielaborate al fine di renderle uniformi e quindi facilmente confrontabili.

Esse costituiscono parte integrante della "RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO COMUNALE", allegata al presente lavoro.

I dati raccolti, successivamente rielaborati al fine di renderli omogenei e confrontabili tra loro, sono costituiti da (rifer. Tavola n°4 "CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) CON UBICAZIONE DEI DATI LITOSTRATIGRAFICI, GEOGNOSTICI E GEOTECNICI"):

- n°7 diagrafie relative a prove penetrometriche statiche "*cone penetration test*" (C.P.T. 01_07)
- n°7 diagrafie relative a prove penetrometriche dinamiche "*Dynamic Continuous Penetration Test*" con avanzamento di 30 centimetri (D.C.P.T.₃₀ 01_07)
- n°30 stratigrafie relative a trincee geognostiche esplorative (T 01_30)
- n°12 stratigrafie relative a sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S 01_12)

Ad ogni stratigrafia è stata indicata la fonte originale di provenienza dei dati.

Essi interessano in modo piuttosto disomogeneo il territorio di Ruino; la maggior parte sono concentrati in prossimità delle località maggiormente coinvolte dai dissesti franosi (Canavera, Pareto, Pometo, Bivio Carmine).

La maggioranza dei dati litostratigrafici e di caratterizzazione geotecnica è stata ricavata attraverso l'esame di perizie geologico - tecniche supportate da indagini di campagna o, in alcuni casi, direttamente da schede tecniche inerenti le suddette indagini.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E CLIMATICO

2.1 CARATTERIZZAZIONE FISOGRAFICA

Il territorio del Comune di Ruino (PV) si sviluppa su di una superficie complessiva di 21,28 Km² (pari a 2128 ettari), compreso dal punto di vista amministrativo tra i comuni di Montalto Pavese, Rocca Dè Giorgi e Canevino a Nord, Borgoratto Mormorolo e Fortunago ad Ovest, Val Di Nizza, Valverde e Zavattarello a Sud e la Provincia di Piacenza ad Est.

Dal punto di vista fisiografico, il Comune di Ruino è collocato lungo la linea di crinale che separa i principali bacini idrografici dell'Oltrepò Pavese - piacentino.

La parte meridionale del territorio (a Sud di Pometo e Carmine) ricade all'interno del bacino del torrente Tidone, mentre la parte settentrionale individua gli impluvi dei principali immissari del Fiume Po dell'Oltrepò Orientale, quali il torrente Versa, il torrente Scuropasso ed il torrente Ghiaia. Una porzione del territorio comunale (a Sud di Casa Guarnoni e Torre degli Alberi) è infine collocata all'interno del bacino idrografico del torrente Ardivestra, affluente di destra del torrente Staffora. A Ovest e a Sud il confine comunale coincide in parte con gli impluvi del torrente Ghiaia e del fosso delle Carrare.

Dal punto di vista altimetrico la zona può essere considerata di media collina, essendo contenuta tra le quote di 642 metri s.l.m. (promontorio di Ca' Zanolo) e 250 metri circa (fondovalle del torrente Ghiaia nei pressi di Ca' del Ciabattino). Il capoluogo comunale, Ruino è a 575 metri s.l.m., la sede comunale, Pometo a 540 metri, il Castello di Torre degli Alberi a 545 metri s.l.m. e l'abitato a quota più elevata (Ca' Zanolo) a 640 metri s.l.m.

La viabilità principale (strade provinciali), strettamente legata alle caratteristiche orografiche del territorio, è costituita dalle seguenti vie di comunicazione:

Ex S.S. n°412 del Monte Penice. Essa taglia da Nord a Sud la pianura padana portandosi da Milano al passo del Penice, dove si incrocia con la Strada Statale n°461 Voghera - Bobbio.

S.P.n°7 della Val di Nizza, che interessa il Comune di Ruino in un breve tratto, a Sud di Torre degli Alberi.

S.P.n°38 della Valle Ghiaia. Segue il corso del torrente Ghiaia e, attraversate Canavera e Ca' del Zerbo si congiunge alla S.P.n°201 in località Ca' Olesi.

S.P.n°40 Interessa un breve tratto di territorio, a Nord di Pometo in direzione Pianaversa.

S.P.n°89 Da Pometo, attraversata Casa Vannone porta in territorio piacentino.

S.P.n°129 Da Carmine Passo conduce al capoluogo comunale.

S.P.n°160 Da Casa Vannone conduce a Moncasacco, in Provincia di Piacenza.

S.P.n°198 della Valle Scuropasso. Anch'essa si immette, in località Bivio Tre Venti, nella S.P.201.

S.P.n°201 detta Stradella - Zavattarello che, percorsa la Valle Versa e attraversati Montecalvo Versiglia, Canevino e Ruino, giunge alla S.S. n°412 in località Casa Marchese.

S.P.n°203, che attraversa in senso Est-Ovest il territorio comunale da Casa Guarnoni a Montelungo, immettendosi in località Bivio Carmine nella S.P.201.

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

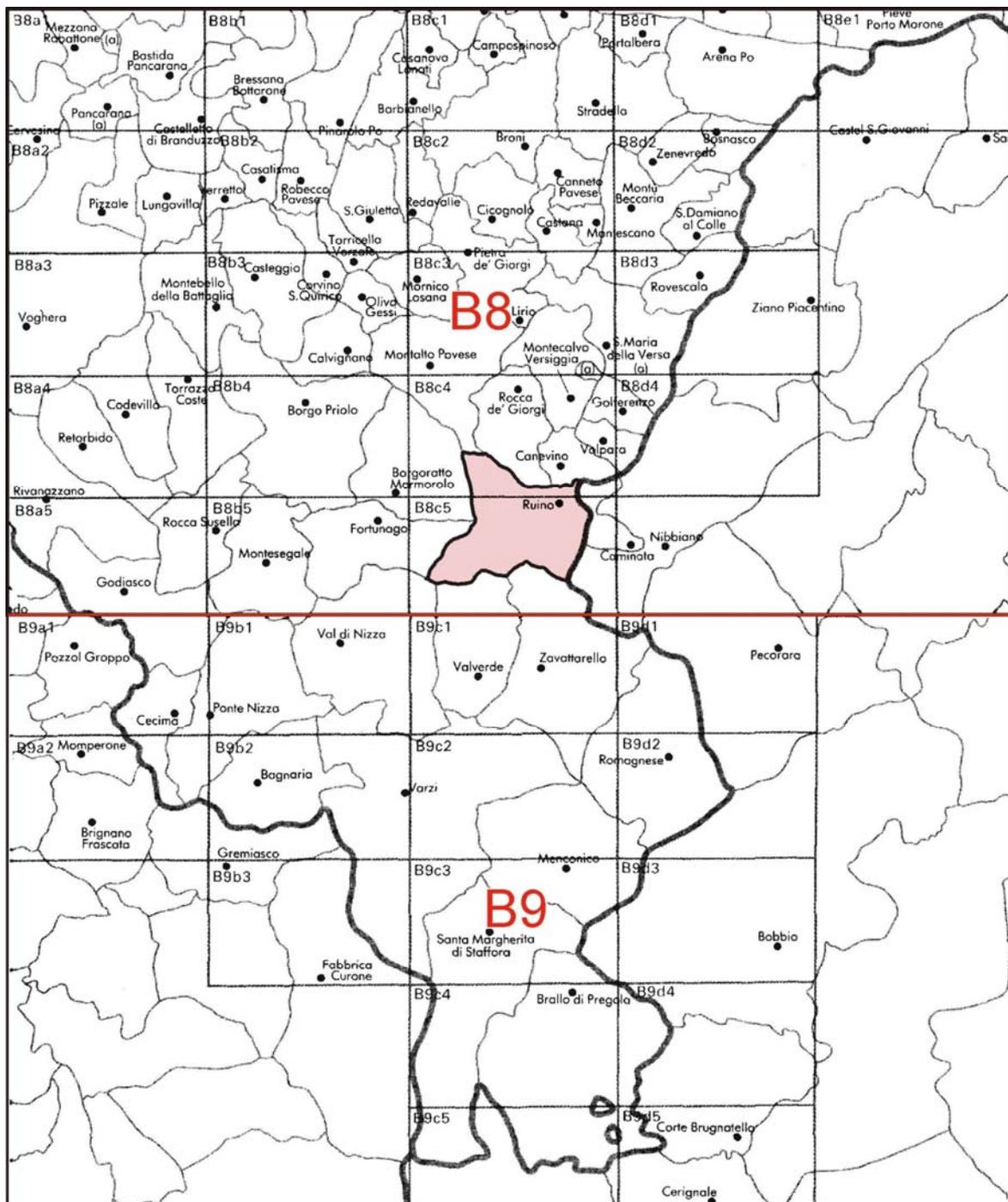


Fig. 1 Inquadramento dell'area nel sistema cartografico regionale

2.2 UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE AFFIORANTI

Le unità rocciose affioranti nel territorio comunale di Ruino, conformemente a quanto accettato nell'ambito della letteratura geologica attuale (CNR - Carta Strutturale dell'Appennino Settentrionale, 1982 e relative Note Illustrative, 1987), vengono raggruppate, nel quadro paleogeografico - strutturale regionale, secondo il seguente schema (refer. Fig. 2):

- COPERTURE QUATERNARIE DI NATURA ALLUVIONALE
- UNITÀ EPILIGURI
- UNITÀ LIGURI

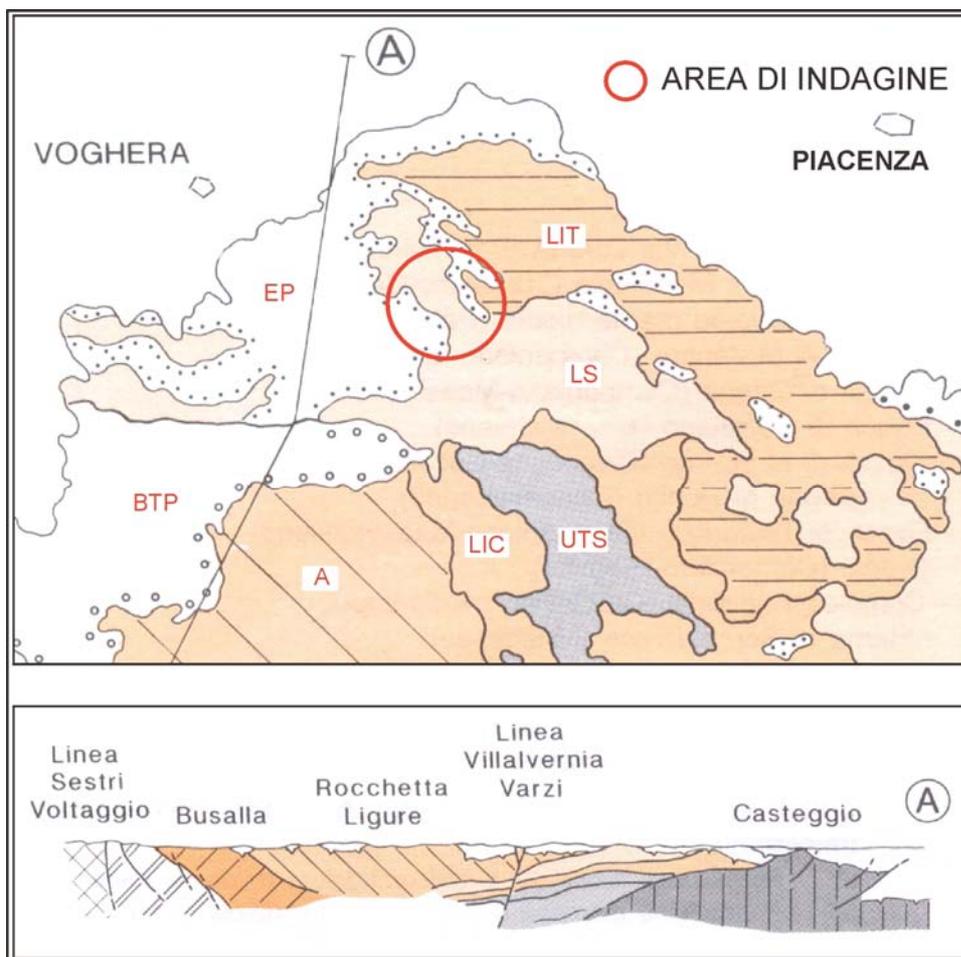


Fig. 2 Schema strutturale dell'Appennino pavese-piacentino

EP = EPILIGURI (ricoprono in discordanza stratigrafica le liguridi esterne)

BTP = Bacino Terziario Piemontese (Sigilla in discordanza stratigrafica la giustapposizione delle Alpi Marittime all'Appennino Settentrionale)

UNITÀ LIGURI: Unità superiore dei Flysch ad Elmintoidi (A = Unità Antola; LS = liguri esterne superiori); Unità inferiore dei Flysch ad Elmintoidi (LIC = liguri esterne inferiori cretache; LIT = liguridi esterne inferiori terziarie)

UTS = Unità tosco-umbre e subliguridi (Successione carbonatica; torbiditi di avanfossa dell'ossatura appenninica; unità subliguridi).

Di seguito vengono descritte, in ordine cronologico a partire dalle più recenti, le formazioni geologiche affioranti all'interno dell'area studiata (rifer. Tavola n°1 "CARTA DI INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO E STRUTTURALE"), indicando per ciascuna di esse i principali caratteri litologici e, quando caratterizzabili, la morfologia degli affioramenti e le proprietà del suolo agrario.

In generale i litotipi argillosi, argilloso - marnosi e marnosi riferibili alle formazioni sotto elencate (bed-rock) non risultano affiorare, se non in corrispondenza di scassi o sbancamenti artificiali, in quanto ammantati da una copertura limoso - argillosa pressoché continua di spessore variabile (generalmente metrico in corrispondenza dei crinali e plurimetrico lungo i versanti).

2.2.1 COPERTURE QUATERNARIE DI NATURA ALLUVIONALE

Depositi continentali di natura alluvionale abbandonati dal torrente Tidone e dai suoi affluenti, in relazione alle vicende climatiche che hanno caratterizzato la regione nel Pleistocene (glaciazioni) e nell'Olocene (normale avvicendamento di piene e magre).

Buoni spaccati naturali dai quali ricavare una stratigrafia delle alluvioni si possono osservare esclusivamente lungo il torrente Tidone nei tratti di sponda in erosione, ovvero in corrispondenza di scassi e sbancamenti.

ALLUVIONI ATTUALI (*Olocene superiore - attuale*)

Presenti in corrispondenza dell'alveo attivo del torrente Tidone.

Sono costituite da sedimenti non terrazzati caratterizzati da estrema variabilità granulometrica (ghiaie grossolane poligeniche, frammiste a sabbia grossolana, il tutto immerso in una scarsa matrice limosa) e da modesta alterazione superficiale.

Questi depositi, attualmente in evoluzione in alveo e privi di vegetazione, costituiscono coltri di potenza variabile da pochi metri fino a 10 metri; in relazione all'elevato grado di permeabilità ospitano una falda freatica abitualmente collegata a quella di subalveo.

ALLUVIONI RECENTI (*Olocene inferiore - medio*)

Costituite da limi sabbiosi, sabbie grossolane poco alterate, localmente ghiaie e ciottoli con alterazione notevole.

Risultano generalmente ricoperte da una coltre di copertura costituita da silt argilloso - sabbioso e argilla siltoso - sabbiosa, di colore bruno-rossastro.

Solo le piene più importanti possono agire da agenti modellatori nei loro confronti.

ALLUVIONI ANTICHE (*Pleistocene superiore*)

Simili alle alluvioni recenti per composizione. Nelle fasce alluvionali sopraelevate rispetto all'alveo attivo sono presenti coperture limose ed è ben sviluppato il suolo.

Questi depositi, posti a quote superiori di qualche metro rispetto all'alveo attuale, sono ricoperti da vegetazione oppure sede di sfruttamento agricolo; per tale motivo non è sempre agevole definirne la litologia e le struttura.

2.2.2. FORMAZIONI MARINE (BED-ROCK)

UNITÀ EPILIGURI

Pre fase Rupeliana

ARENARIE DI RANZANO (*Priaboniano - Rupeliano inferiore*)

Costituisce i rilievi collinari situati nei pressi di Torre Degli Alberi.

E' una formazione tipicamente terrigena che, pur nella varietà dei suoi caratteri litologici, relazionabili con l'ambiente locale di sedimentazione, presenta sempre elementi distintivi ben precisi. Vi ricorrono arenarie, sabbie debolmente cementate di colore grigio o grigio-giallastro, marne grigie o grigio-verdastre, spesso sabbioso-argillose e con abbondanti frustoli vegetali e conglomerati talora grossolani, associati secondo vari rapporti laterali e verticali.

La facies più diffusa è costituita da sequenze ritmiche arenaceo - marnose da centimetriche a decimetriche. I conglomerati, a clasti ben arrotondati (da 5 fino a 30-40 cm), sono costituiti prevalentemente di calcari, calcareniti e arenarie, subordinatamente di "pietre verdi" e rocce diasprigne in matrice sabbiosa grossolana, localmente argillosa.

A causa di subitanei passaggi laterali e verticali tra le diverse facies costituenti l'unità in esame, le Arenarie di Ranzano mostrano spessori talora difficilmente quantificabili. Lo spessore della formazione è calcolato in corrispondenza del territorio studiato intorno ai 350 m.

MARNE DI MONTE PIANO (*Bartoniano - Priaboniano*)

Affiorano in una stretta fascia tra S. Antonio, Cascine e Casa Marchese.

L'unità è costituita prevalentemente da argille marnose - siltose nella parte inferiore, seguite verso l'alto da marne e marne argillose - siltose di colore grigio-verdastro, piuttosto omogenee e compatte, localmente in banchi ocracei spesso biancastri in superficie, senza evidente stratificazione e sfaldabili in schegge o forme pseudo - ovoidali.

Localmente, alla base della formazione si trovano delle "septarie", tipiche concrezioni globose di diametro superiore al decimetro. La marna che circonda le septarie assume una caratteristica colorazione rosso mattone. Le septarie indicano un "ambiente di sedimentazione di mare epicontinentale con acque sature di CaCO_3 e sul cui fondo avviene una deposizione prevalentemente pelitica" (Vanossi 1964).

Lo spessore della formazione, non sempre individuabile per la scarsità degli affioramenti, varia da una località all'altra non superando comunque, nel suo complesso, i 100 m.

MÉLANGE DI BAISO auct. ("Complesso indifferenziato") (*Luteziano superiore*)

Costituisce la formazione dominante, occupando circa il 50% del territorio comunale.

Si tratta di un mélange sedimentario che dà inizio alla sedimentazione epiligure in queste zone.

Complesso rappresentato da alternanze ritmiche di calcari, argille e arenarie, con abbondanza di intervalli argillosi grigio-scuri, con chiare caratteristiche di caoticità, entro il quale anche per le modalità di affioramento non è possibile riconoscere serie stratigrafiche definite. Spiccano lembi rossastri attribuibili alle Argille Varicolori e lembi grigio-rosati di Marne di Monte Piano; nella massa pelitica di gran lunga prevalente si notano frammenti lapidei arenacei e subordinatamente calcarei.

UNITA' LIGURI

1) Unità Superiore dei Flysch ad Elmintoidi

ARGILLE VARICOLORI (*Santoniano - Campaniano*)

Affiorano nella parte Meridionale del territorio, lungo l'impluvio del torrente Ghiaia e in località Montelungo.

Le Argille Varicolori si presentano all'affioramento come ammassi intensamente tettonizzati, deformati e disgiunti, spesso ridotti ad un accatastamento caotico di pezzami lapidei in abbondante matrice argilloso - limosa, a seguito delle sensibili traslazioni orizzontali a cui il complesso è andato soggetto; ciò giustifica ampiamente la varietà di giaciture reciproche che concorrono a definire una geometria interna estremamente articolata.

I corpi argillitici policromi sono caratterizzati dall'alternarsi di bande rosso - vinate, violacee e verdastre, talora intensamente pieghettati e suddivisibili in scaglie minute a superfici lucide, costituenti piani di frizione di ordine gerarchico differente. Si intercalano localmente strati centimetrici manganesiferi, spesso discontinui, di siltiti, siltiti marnose ed arenarie fini.

La potenza totale della formazione è valutabile in 120-130 m.

2) Unità Media Val Taro

ARENARIE DI SCABIAZZA (*Hauteriviano - Campaniano medio*)

Affiorano lungo la dorsale del Carmine.

Questa formazione, di tipo "terrigeno", comprende diversi membri, caratterizzati da litotipi a diversa granulometria. Dalla base si riconoscono i seguenti membri:

a) intervallo psefitico basale

Costituito da conglomerati poligenici, talora grossolani, a giacitura lentiforme, con ciottoli calcarei i cui elementi litoidi sembrano provenire da svariate formazioni sedimentarie (principalmente Calcari a Calpionelle Liguri) o da complessi ignei e metamorfici non meglio identificati.

b) alternanze di strati arenacei, marnoso - siltosi e argillosi

Rappresentano la litofacies più diffusa, caratterizzata da uniformità (sequenze ritmicamente ripetute) e da condizioni giaciture non omogenee: si hanno talora strati rovesciati e fitte pieghettature senza orientamento preferenziale, soprattutto nelle sequenze più sottili. Caratteristica è la presenza di lamelle fortemente micacee concentrate nei giunti di stratificazione dagli intervalli arenacei.

Le arenarie, a granulometria fine, si presentano talora in banchi metrici discontinui e disarticolati, mentre le marne e le argille risultano fittamente stratificate e con colori grigio-cinerei passanti a giallo tabacco per alterazione.

Gli strati arenacei hanno spessori variabili da 5-10 cm a 80-100 cm.

c) argille rosso - vinate e grigie

Costituiscono intercalazioni lenticolari inserite nel corpo della formazione ovvero un orizzonte continuo al tetto della medesima. Si tratta di argilliti pure, la cui scagliosità oblitera un'eventuale stratificazione.

La non omogeneità di questa formazione è dovuta probabilmente a fenomeni di eteropia.

Le Arenarie di Scabiazza si sono depositate in ambiente di piana da bacino e lo spessore varia a seconda della facies predominante: è minima quando abbondano le argille (120-130 m), mentre aumenta considerevolmente (400m) nelle zone a predominante facies arenacea e conglomeratica.

L'intensa degradazione meteorica cui sono soggette le Arenarie di Scabiazza favorisce la formazione di una coltre di alterazione argilloso - limosa, facilmente dilavabile dalle acque selvagge ed erodibile da quelle incanalate.

La facile degradabilità di alcuni litotipi e la generalmente modesta acclività dei versanti modellati in questa unità litologica favoriscono la formazione di un suolo discretamente sviluppato.

Dove la roccia madre è costituita prevalentemente da arenarie, microbreccie o microconglomerati, alle colture si sostituisce il bosco.

3) Unità inferiore dei Flysch ad Elmintoidi

FORMAZIONE DELLA VAL LURETTA (*Maastrichtiano superiore - Luteziano inferiore*)

Superiormente alternanze medio - sottili di arenarie, marne, calcari ed argille; più in basso alternanze analoghe con sviluppo di banchi calcarei grigio-chiari talora calcarenitici nella loro porzione inferiore. Alla base prevalgono le alternanze medio - sottili di arenarie ed argille con associati frequenti banchi di marne rosate a base calcarenitica.

2.3 ASSETTO GEOLOGICO – STRUTTURALE

Gli articolati rapporti geometrici tra le varie unità litologiche cartografate (rifer. Tav.1 e paragrafo precedente), nonché la loro distribuzione areale, testimoniano a favore di molteplici ed intense fasi deformative, risolvibili essenzialmente in estesi ricoprimenti tettonici per la massima parte orientati secondo la direttrice appenninica NW-SE, che si sono manifestate per lo meno tra l'Eocene superiore e la fine del Miocene.

Si tratta di ricoprimenti di importanza regionale, riconoscibili in buona parte dell'area appenninica settentrionale, che hanno portato alla traslazione delle unità rocciose anche su distanze dell'ordine di diverse decine di chilometri.

Aggiungendo le dislocazioni di importanza quasi esclusivamente di entità locale, il quadro che ne deriva può considerarsi completo e giustificare ampiamente i complessi lineamenti geologici del substrato.

L'attività neotettonica indica infine un recente sollevamento della zona appenninica in cui è ubicata l'area in esame ed è sottolineata da una serie di evidenze morfologiche quali irregolarità piano-altimetriche delle linee di crinale, andamento di alcuni corsi d'acqua, allineamento di frane, rotture di pendenza che si riscontrano lungo i versanti.

Queste discontinuità tettoniche favoriscono la circolazione delle acque sotterranee con locale intensificazione dei processi di degradazione delle rocce.

Alla scala locale le numerose pieghe presenti nell'ammasso roccioso determinano frequenti variazioni di giacitura della stratificazione sui versanti e controllano di fatto sia le condizioni idrogeologiche che l'assetto geostatico.

2.4 GEOMORFOLOGIA

La morfologia della zona, pur risultando complessivamente dolce, è nel dettaglio localmente contraddistinta da frequenti irregolarità (ripide scarpate, rotture di pendenza, avvallamenti, ecc...), la cui presenza è strettamente connessa sia ai processi di degradazione dei versanti (soliflusso - agevolato dalla presenza delle coltri agrarie-, frane di genesi complessa), sia alla presenza di due diversi tipi di substrato litologico: un primo (prevalente) argilloso o argilloso - marnoso e un secondo, circoscritto alle zone meridionali (Torre degli Alberi) e orientali (Ruino) eminentemente arenaceo (rifer. Tav.1-2).

Questa situazione morfologica riveste significato pratico, in quanto rende ragione della diffusione e della localizzazione dei fenomeni franosi censiti, per quanto essi sono almeno in parte connessi all'attività umana e il più delle volte all'inosservanza delle più elementari norme di regimazione delle acque superficiali.

Ad eccezione dei fenomeni franosi, di cui si tratterà nei paragrafi successivi, i processi geomorfologici a cui sono imputabili i restanti fenomeni di dissesto superficiale, coinvolgenti sia le coltri di copertura eluvio-colluviali che il substrato, sono costituito da:

- | | |
|------------------------------------|--------------------------|
| - soliflusso generalizzato; | - ruscellamento diffuso; |
| - deformazioni superficiali lente; | - erosione accelerata |

La distribuzione di unità litologiche a comportamento differenziato e il loro assetto strutturale, oltre che a determinare la distribuzione areale dei singoli processi geomorfologici, ha contribuito a conformare i solchi vallivi dei corsi d'acqua principali, ed a influenzare il loro sviluppo - sia planimetrico che altimetrico.

In corrispondenza dei versanti incisi all'interno di litologie facilmente erodibili (Mélange di Baiso), il paesaggio è infatti generalmente caratterizzato da forme dolci con dossi arrotondati e pendii a moderata inclinazione, come ad esempio lungo i tratti di versante che degradano sul fondovalle del torrente Ghiaia, a Sud di Brugneto e, più a Nord lungo l'impiuvio del fosso di Gonelin.

In corrispondenza delle Arenarie di Ranzano, viceversa, la maggiore energia del rilievo ha determinato il prevalere di corsi d'acqua profondamente incisi, con elevata erosione di fondo (Rio Molato da Cascina Boccapanè alla confluenza col torrente Tidone).

La combinazione di diversi caratteri litologici e quindi la presenza sia di terreni caratterizzati da bassa erodibilità, sia di litologie facilmente erodibili, conferisce quindi all'area un assetto morfologico in cui si individuano in via semplificativa le seguenti tipologie di versante:

1. Versanti modellati in unità prevalentemente arenacee

Le arenarie danno origine ad una morfologia piuttosto aspra, con declivi relativamente uniformi, contraddistinti da pendenze medio - elevate, attorno ai 30°÷35° (versanti a Est di Ruino; Castello di Montù Berchielli, alcuni tratti di versante tra Torre degli Alberi e Monte Zuccaro).

I prodotti risultanti dalla disgregazione fisica della roccia danno origine ad un suolo agrario a scheletro riccamente sabbioso, sul quale si è sviluppata una fitta vegetazione boschiva.

2. Versanti modellati in unità prevalentemente marnose

In generale la morfologia delle marne è caratterizzata da un aspetto blando: i valori estremamente ridotti dell'indice di plasticità e dei limite di liquidità sono causa dello scarso sviluppo del suolo agrario che stenta a fissarsi a causa dell'intenso dilavamento. I pendii sono caratterizzati da una morfologia a tratti irregolare e dotati di pendenze modeste, generalmente non superiori ai 15÷20°. Manca così la copertura vegetale ed è quindi favorita un'attiva erosione caratterizzata da forme calanchive (tratto apicale del torrente Ghiaia a Ovest di Brugneto).

3. Versanti modellati in unità prevalentemente argillose

La morfologia delle aree argillose è relativamente blanda dove è presente la copertura vegetale; dove essa manca completamente invece l'erosione accelerata da origine ad accentuati fenomeni calanchivi, che concorrono fortemente a conferire al paesaggio un aspetto talora desolato (versanti nei pressi di Montelungo, lungo l'asta valliva del torrente Ghiaia e, più a Est, tra Bivio Carmine e Casa Marchese – in territorio di Zavattarello -).

Alla presenza di un substrato argilloso sono localmente associati fenomeni di soliflusso e deformazioni superficiali lente del pendio.

La corrispondente superficie è ricoperta prevalentemente da aree a pascolo e seminativo.

Dal punto di vista agronomico il suolo che si sviluppa sui terreni argilloso o argilloso - marnosi è da considerare complessivamente abbastanza fertile, per quanto particolarmente sensibile ai periodi di siccità: la sua vocazione più spiccata è per la coltivazione della vite, specie nelle zone esposte in modo più favorevole.

2.5 CARATTERIZZAZIONE DEI DISSESTI FRANOSI – QUADRO DEL DISSESTO

La cartografia tematica di riferimento (Tavola n°2 "CARTA GEOMORFOLOGICA" e Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO") evidenzia lo sviluppo areale dei dissesti franosi censiti, distribuiti in modo complessivamente omogeneo lungo le propaggini collinari del territorio studiato.

Lo studio ha inoltre provveduto ad aggiornare la cartografia dei dissesti a seguito dell'evento calamitoso verificatosi dal 26 al 28 aprile 2009 nell'Oltrepò orientale. In particolare in Tavola 5 vengono evidenziati i movimenti franosi di neo-formazione, ovvero le parziali riattivazioni di movimenti franosi già cartografati, le aree in erosione accelerata (ruscellamento in rocce deboli) e le nicchia di frana di neoformazione. L'analisi fotointerpretativa e le approfondite verifiche di campagna, hanno permesso di definire l'esatta perimetrazione dei dissesti, aggiornandola alla data dei rilievi. In particolare, sono stati definiti:

- stato di attività dei movimenti franosi (attivi quiescenti, stabilizzati)
- tipologia prevalente del movimento (scivolamento, scivolamento-colata e colata)
- materiale coinvolto (roccia, deposito superficiale a granulometria prevalentemente grossolana / fine, misto)
- effetti indotti su fabbricati o infrastrutture

Relativamente ad ogni singola frana o gruppi di frane con caratteristiche comuni e giustapposte tra loro, nelle tavole citate sono stati evidenziati, mediante codice alfanumerico i primi tre parametri, lo stato di attività, la tipologia del movimento e il tipo di materiale coinvolto.

I rilevamenti di campagna hanno utilizzato come base di lavoro, al fine della verifica puntuale della perimetrazione dei dissesti franosi cartografati e del loro stato di attività, la documentazione cartografica indicata al paragrafo 1.3 della presente relazione illustrativa.

COMUNI DI RUINO

Il presente studio propone alcune limitate modifiche al quadro del dissesto di cui agli elaborati PAI derivanti da una precedente proposta di aggiornamento (RUINO: Applicativo Studi Geologici Comunali ⇒ PAI dissesto aggiornato ⇒ Mosaico della fattibilità), sia per quanto riguarda la perimetrazione areale, che per lo stato di attività dei singoli movimenti franosi cartografati. La maggior parte delle modifiche apportate, in termini di ripermetrazione puntuale dei dissesti, sono dovute esclusivamente al riadattamento cartografico legato all'utilizzo della cartografia aerofotogrammetrica vettoriale scala 1:5.000. Alla luce dei rilievi eseguiti, il quadro del dissesto è comunque complessivamente rispondente a quanto consultabile nella Banca Dati Regionale.

Lo studio geologico viene inviato alla competente struttura regionale, unitamente a due copie cartacee della Tavola n°6 "CARTA DEL DISSESTO UNIFICATO ALLA LEGENDA DEL P.A.I." e ad una copia su supporto informatico in formato ArcView compatibile della stessa carta del dissesto e del mosaico della fattibilità, al fine della trasmissione all'Autorità di Bacino della proposta di aggiornamento all'Elaborato 2 del PAI, nonché per l'aggiornamento del Sistema Informativo Territoriale, ai sensi dell'art. 3 della legge 12/05.

La trasmissione all'Autorità di Bacino del fiume Po da parte delle strutture regionali avverrà una volta completato l'iter amministrativo di adeguamento dello strumento di pianificazione comunale alle risultanze dello studio geologico secondo le procedure di cui alla L.R. 12/05.

La stessa Tavola n°6 "CARTA DEL DISSESTO UNIFICATO ALLA LEGENDA DEL P.A.I.", redatta in scala 1:10.000 utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale, costituisce proposta di aggiornamento dell'Elaborato 2 del PAI e contiene una rappresentazione delle aree in dissesto classificate conformemente alle Tavole di delimitazione delle aree in dissesto del PAI.

2.5.1 TIPOLOGIA

In relazione alla dinamica di movimento, alla morfologia del corpo di frana e al grado di evoluzione, si distinguono, in ordine di diffusione:

- scivolamenti traslazionali dei terreni di copertura, con piani di scorrimento piuttosto superficiali, posti principalmente al contatto tra la coltre di alterazione eluvio-colluviale e il substrato (profondità fino a 5 - 6 m);
- colamenti dei terreni di copertura da ricollegare alla presenza, entro la stessa, della falda freatica sospesa, generalmente prossima al piano campagna;
- frane superficiali (smottamenti, lame) con profondità ridotta a 1,0 - 2,0 m;

- fenomeni complessi a diverso grado di attività, situati alla testata di bacini idrografici laterali del torrente Tidone, costituiti da scivolamenti roto/traslazionali in coltri eluvio-colluviali generalmente potenti, caratterizzati da marcate nicchie di distacco e da accumuli a morfologia irregolare, con profondità variabile (presumibilmente anche superiore a 8-10 m);
- fenomeni complessi di scivolamento roto/traslazionale in substrati molto disarticolati e/o a struttura caotica;
- fenomeni di crollo di ridotto volume da fronti rocciosi fratturati (frequenza ed estensione molto limitata).

2.5.2 LOCALIZZAZIONE E DESCRIZIONE DEI DISSESTI PRINCIPALI

TRATTI DI VERSANTE IN FRANA ATTIVA

Versanti in destra e sinistra idrografica del Fosso Gonelin, tra Canavera e Colombara

Ai movimenti franosi veri e propri, costituiti prevalentemente da scivolamenti traslazionali della coltre di copertura eluvio-colluviale localmente commisti a colate (**012SCt – 013COt – 019SCt – 020SVt - 022SCt - 024SCt**) sono associati fenomeni di soliflusso, deformazioni lente del pendio e, localmente, un'intensa erosione di fondo operata dai corsi d'acqua che solcano i corpi di frana. Il substrato, argilloso e/o argilloso marnoso, favorisce lo sviluppo dei fenomeni, con manifesta evoluzione (settembre 2002) per retrogradazione ed espansione laterale.

Versante in sinistra idrografica del torrente Coppa tra Canavera e Ca' del Zerbo

In questi luoghi prevalgono le colate impostate nelle Argille Varicolori (**056COt – 058COt**); localmente, all'interno dei corpi di frana sono ben evidenti scarpate di neoformazione, sia in prossimità della nicchia di distacco, sia all'interno e lateralmente al corpo di frana, ad evidenziare i continui rilasci verso valle di lembi di copertura. Una diffusa vegetazione idrofila caratterizza la zona d'accumulo; localmente sono presenti veri e proprie zone di ristagno ed effimere emergenze sorgentizie.

Versanti in sinistra idrografica del fosso della Carrare, tra gli abitati di Montelungo e Lagagnolo (quest'ultima località in comune di Zavattarello)

In quest'area sono presenti due importanti scivolamenti traslazionali della coltre di copertura eluvio-colluviale, evolventi in colata nella parte inferiore (**109SCt – 112SCt / 117SVt**). Per quanto riguarda in particolare i movimenti **112SCt** e **117SVt**, essi risultano essere stati negli ultimi anni (2007-2010) interessati dalla realizzazione di importanti opere di difesa del suolo (individuate in Tav.4) con contestuale ripristino delle infrastrutture lineari (viabilità provinciale). In particolare, gli interventi hanno riguardato la messa in sicurezza di alcuni edifici adibiti ad abitazione civile situati in località Bivio Carmine - nei pressi dell'incrocio tra le strade provinciali S.P. 201 e S.P. 203.

In relazione allo stato di attività dei dissesti, anche il versante sottostante (zona situata tra le quote 500 metri e 570 metri s.l.m., con esposizione a Sud - Ovest), è stato oggetto di interventi di sistemazione idrogeologica, che hanno previsto, oltre che la realizzazione di opere di difesa puntuali e lineari, la pulizia, lo svasso, il ripristino e la regolarizzazione della sezione idraulica dei

fossi di scolo, nei tratti parzialmente ostruiti dalla vegetazione o del tutto obliterati dagli stessi fenomeni deformativi.

In relazione alla bontà dei lavori di risanamento idrogeologico eseguiti (da verificare nel medio termine: 3-5 anni dalla dal momento dell'avvenuto collaudo finale dei lavori stessi, come previsto dal modello di gestione delle opere), in accordo con l'Amministrazione Comunale si provvederà a ripermire il movimento **117SVt**, riclassificandolo in tutto o in parte come "frana stabilizzata" (attualmente il movimento franoso viene mantenuto allo stato "quiescente").

Tratti di versante tra Pometo e Casa Vannone

Dove estesi scivolamenti - colate impostati in coperture argillose (Mélange di Baiso – Complesso Indifferenziato) caratterizzano i versanti degli impluvi del torrente Versa (a Nord della S.P.59) e del Rio Molato (a Sud). In particolare, il movimento **068SCt** verrà a breve interessato da opere di risanamento idrogeologico, già progettate ed oggetto di apposito finanziamento regionale.

Versante compreso tra il Lago di Trebecco e Gallara, culminante a Ca' Zanolo

Sono presenti due vasti movimenti franosi, con marcate nicchie di distacco e una vasta area di accumulo (**114SCt - 115SCm**). In particolare, il dissesto **115SCm**, oggetto di numerosi interventi di risanamento -a partire da inizio secolo fino agli anni '30-, eseguiti a seguito dell'incipiente movimento verso la S.S.412 (come riportato dalle cronache dell'epoca), risulta caratterizzato da una nicchia di distacco individuata da una scarpata -attualmente piantumata- con inclinazione 45° e dislivello tra il ciglio superiore e il ciglio inferiore di circa 15-18 metri in verticale.

TRATTI DI VERSANTE IN FRANA QUIESCENTE

I movimenti quiescenti prevalgono, rispetto a quelli in accertato stato di attività, nella zona SE (tra Brugneto, S. Antonio e Torre degli Alberi). In questo settore i dissesti perimetrati mostrano uno sviluppo minore sia per distribuzione areale sia per dimensioni.

Anche i versanti collinari tra Pometo, Ca' del Matto e Pareto (parte superiore dell'impluvio del rio Molato e del torrente Scuropasso), sono caratterizzati da un prevalere di fenomeni allo stato quiescente, in parte oggetto di interventi di bonifica e risanamento (**033SVt - 035SCt**).

FRANE STABILIZZATE

Per alcune frane complesse di grosse dimensioni (**115SCm**) e per altri movimenti, localizzati nella parte inferiore del versante in destra idrografica del torrente Ghiaia, tra Ca' Gonelin e Canavera (**011SCt - 026SCt**) e lungo il rio Molato (**045SVt**), lo studio ha evidenziato la presenza degli accumuli stabilizzati di antiche frane, che si sviluppano alle quote superiori lungo il versante.

In corrispondenza di alcuni di essi sono state realizzate diverse costruzioni di tipo rurale (es: località La Frana), per lo più oggi in disuso.

Anche la località Cascina Boccapanè si trova collocata in corrispondenza di un accumulo di frana stabilizzata (**045SVt**), lungo un tratto di versante subpianeggiante.

2.5.3 CAUSE INDOTTE

A contribuire in misura talvolta determinante ai generalizzati fenomeni di instabilità dei versanti, hanno contribuito anche i seguenti fattori:

- mancanza di una adeguata rete superficiale di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche, presente invece in passato benché insufficiente;
- scarsa manutenzione dei fossi stradali o presenza di cunette con tombature a immissione diretta e disordinata nei pendii;
- reti fognarie e pluviali delle abitazioni, per lo più abbandonate lungo i pendii senza prosecuzione in canalette di scolo;
- sviluppo incontrollato di vegetazione negli alvei, che ha impedito il normale deflusso delle acque; gran parte dei fossi e dei rii si sono ridotti a solchi di 30-40 cm di profondità;
- diffusa inutilizzazione di pozzi per acqua superficiali (refer. Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO" per l'individuazione di quelli censiti in corrispondenza del territorio comunale).

A conferma di questi dati, i rilievi hanno evidenziato in particolare come le frane in evoluzione (attive) interessano versanti con insufficiente drenaggio: la loro attività è stata perciò negli ultimi anni esaltata dalle intense precipitazioni occorse nell'autunno 1993, 1994, 2000, 2002 e nella primavera 2009; inoltre, le frane attive di dimensioni più limitate (molte delle quali di evidente neoformazione), sono molto spesso interconnesse con fenomeni erosivi per ruscellamento concentrato.

In relazione all'abbandono del territorio il minore controllo e la minor manutenzione a livello puntuale della rete drenante superficiale non permettono quindi di escludere l'eventualità di un'evoluzione dei movimenti franosi che, al momento o nel corso degli ultimi anni, si trovano allo stato di prevalente quiescenza.

2.6 INQUADRAMENTO CLIMATICO

L'Oltrepò Pavese è caratterizzato da un clima di tipo sub-litorale appenninico, caratterizzato da escursioni termiche relativamente ampie durante il corso dell'anno; il valore medio annuo della temperatura (che è di circa 12,3° per la zona di Voghera) decresce di circa 1°-2° procedendo verso la zona del varzese e del Monte Penice.

Un'analisi termoclimatica dettagliata relativa all'area in esame è risultata particolarmente difficoltosa a causa della carenza di dati locali, non essendo tutte le stazioni considerate fornite di strumentazione adatta a questo tipo di rilevamento.

I dati meteo-climatici utilizzati (pluviometria e temperatura) provengono quindi da tre stazioni di monitoraggio ubicate in un intorno significativo all'area di studio: Pregola (1005 metri s.l.m., alta valle Staffora), Diga del Molato (360 metri s.l.m., media Val Tidone) e Romagnese (635 metri s.l.m., alta Val Tidone) (Rossetti e Ottone, 1979; Braga 1972).

2.6.1 PLUVIOMETRIA

Nella Fig.3, riportante gli istogrammi delle precipitazioni relative alla stazione di Romagnese, è evidente la presenza di due massimi e di due minimi ben marcati che caratterizza la distribuzione delle precipitazioni nell'anno medio (è stato assunto come periodo di riferimento il cinquantennio che si estende dal 1921 al 1970, la cui durata implica una maggiore probabilità che gli eventi critici più significativi abbiano potuto verificarsi).

Dei massimi il principale cade a novembre (con oltre 100 mm di pioggia), il secondario a maggio. I minimi sono posizionati nei mesi di gennaio (con circa 50 mm) e luglio. La quantità di pioggia che cade mediamente nel mese più piovoso dell'anno è circa 2,56 volte quella del mese più asciutto.

Le precipitazioni aumentano d'intensità e frequenza con il procedere verso la zona montana (alto varzese 1300 mm, con oltre 100 giorni); sono inoltre frequenti i temporali, che compaiono da marzo a novembre (mediamente 27 temporali/anno, di cui 5 o 6 con grandine).

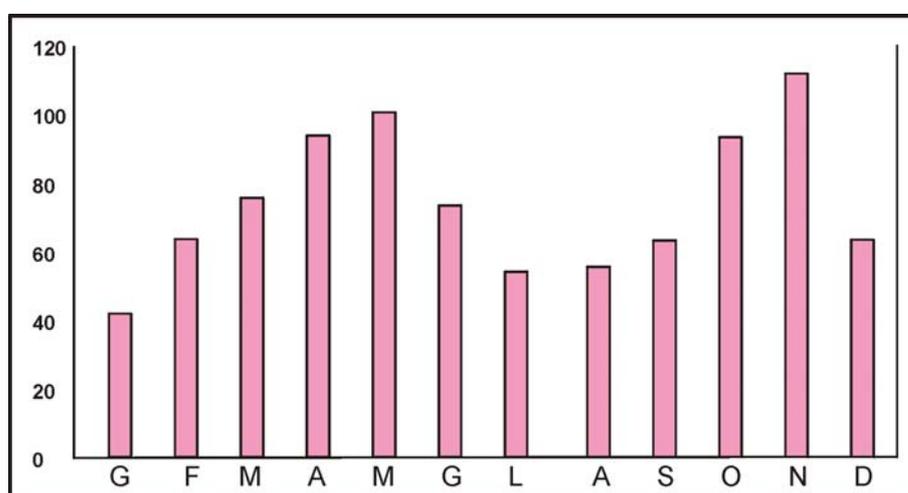


Fig.3 - Istogramma delle precipitazioni relative alla stazione di Romagnese - periodo 1921-1970

2.6.2 TEMPERATURA

Le condizioni termiche possono essere identificate da tre fasce altimetriche: la prima comprende le aree fino a 600 m di quota, la seconda parte da 600 m ed arriva fino ai 1000 m e la terza si riferisce alle aree con altitudine superiore 1000 m.

Nel primo caso le temperature medie annue hanno un valore medio di 11,5°C; nella seconda fascia altimetrica si hanno condizioni meno regolari, fortemente influenzate dall'esposizione delle varie località: si può riconoscere che le medie annue sono intorno ai 10°C tra i 600 e gli 800 m; nella fascia altimetrica più elevata la variazione con l'altezza è più regolare, la media annua attorno ai 1000 m è di circa 9°C. Il regime delle temperature è caratterizzato da un minimo a gennaio per Pregola e Molato e un massimo estivo in genere a cavallo tra luglio e agosto.

Si possono fornire delle indicazioni estrapolando a Ruino i dati forniti dalle stazioni di Pregola e Molato, essendo la variazione di temperatura di 0.23°C ogni 100 m.

Interessanti deduzioni si possono trarre dal climogramma (Fig.4), costruito utilizzando i dati termici e pluviometrici di Romagnese, riportando in ascisse i valori medi mensili delle temperature ed in ordinate le corrispondenti precipitazioni medie, e tracciando due rette perpendicolari in corrispondenza dei valori medi delle precipitazioni mensili (72,8 mm) e della temperatura annuale (9,4°). Il grafico denota chiaramente che le maggiori escursioni termiche si verificano nel periodo freddo (da settembre ad aprile), mentre le precipitazioni diminuiscono da novembre a gennaio e da maggio a giugno, ed aumentano per contro da febbraio a maggio e da agosto a novembre.

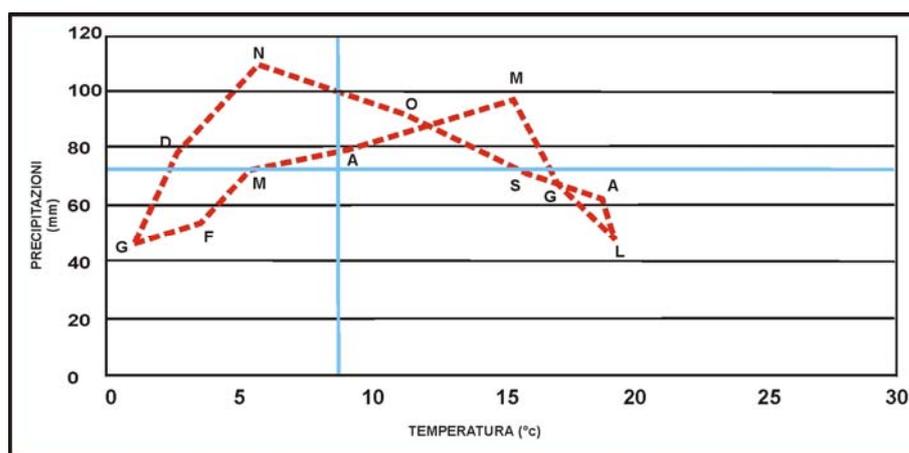


Fig.4 - Climogramma relativo alla stazione di Romagnese - periodo 1921-1970

Sono stati considerati due ulteriori grafici (Braga 1972) i cui dati si riferiscono alla stazione di misurazione presso la diga del Molato. Osservando il diagramma ombrotermico (Fig.5) relativo alla stazione di Molato Diga, costruito secondo le modalità proposte da Bagnouls e Gausson (1957), si nota come l'alta temperatura atmosferica nei mesi di luglio e agosto contribuisca a smaltire, attraverso l'evapotraspirazione, la quasi totalità delle acque di precipitazione.

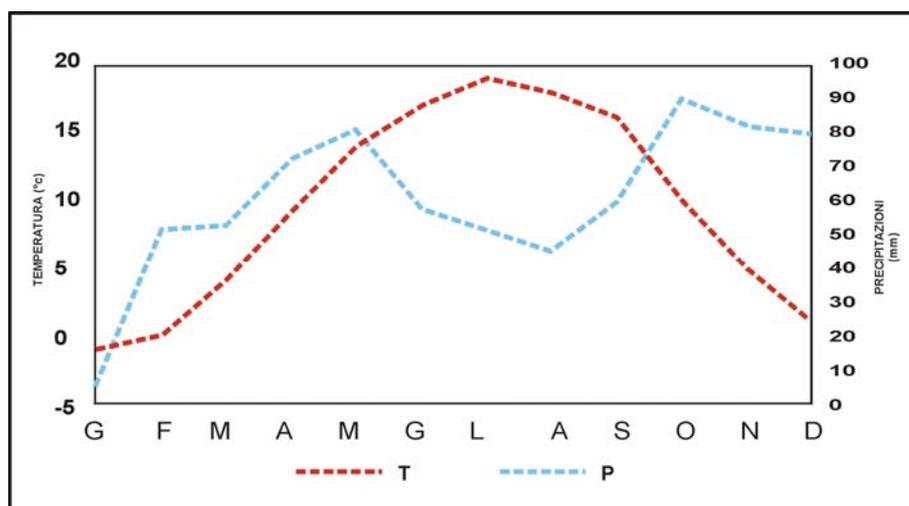


Fig.5 - Diagramma ombrotermico relativo alla stazione di Molato Diga

Analogamente la curva rappresentativa delle variazioni dell'indice di aridità (Fig.6), calcolato secondo De Martonne (1962), evidenzia un relativamente lungo periodo subarido da luglio ad agosto ($I < 20$) e periodi chiaramente umidi ($I > 40$) coincidenti coi mesi di Aprile, ottobre e Novembre (Braga G. 1972).

I parametri, riferiti ad una media cinquantennale, evidenziano come le abbondanti precipitazioni in primavera e autunno ed i bassi valori di evapotraspirazione negli stessi periodi possano fornire quantitativi d'acqua utili per l'alimentazione degli acquiferi locali.

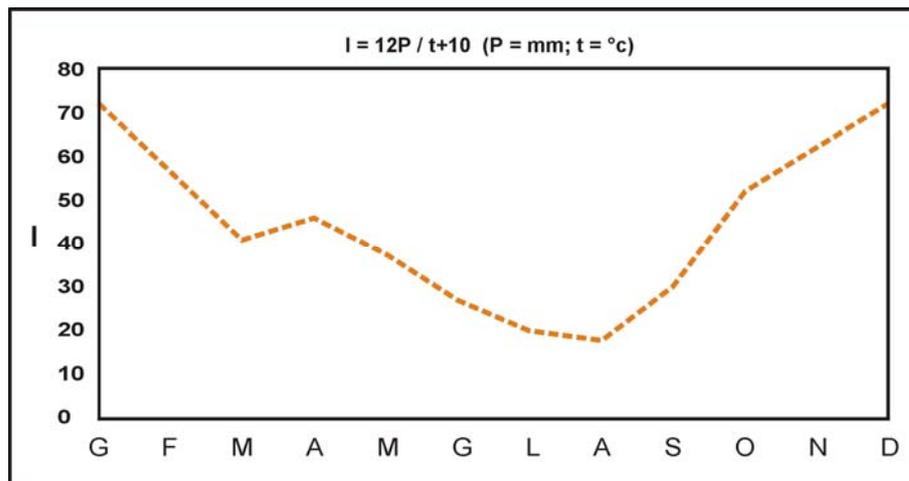


Fig.6 - Indice di aridità mensile relativo alla stazione di Molato Diga - media 1940-1969

3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

3.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Il territorio di Ruino presenta un reticolo idrografico fitto, con diversi corsi d'acqua importanti tutti a regime torrentizio (refer. Tav.3). Quale elemento idrografico secondario vanno indicati una serie di corsi d'acqua minori, a carattere stagionale o temporaneo, che drenano le acque superficiali in occasione delle piogge. I corsi d'acqua più importanti che percorrono il territorio comunale di Ruino, riportati in evidenza nella Tav.3 sono:

corsi d'acqua principali

1. Torrente Tidone

Affluente di destra del Po.

Prima di entrare, con un'ampia ansa verso Nord nella provincia di Piacenza, forma il *Lago di Trebecco*, invaso artificiale a scopo idroelettrico. Al capo di Trebecco il torrente Tidone ha un bacino imbrifero di 85,10 Km². Tale sviluppo idrografico influisce sulla diversa intensità e durata di insolazione dei versanti e quindi sui processi di degradazione fisica, che risultano più accentuati su quello destro meglio esposto al sole.

2. Torrente Scuropasso

3. Torrente Versa

4. Torrente Ghiaia

5. Torrente Ardivestra

Corsi d'acqua secondari (procedendo da N verso S)

Fosso Gonelin affluente del torrente Ghiaia

Fosso delle Carrare affluente del torrente Tidone

Rio Molato affluente del torrente Tidone

3.2 DETERMINAZIONE DEL RETICOLO IDRICO PRINCIPALE E MINORE

Con riferimento ai disposti delle seguenti delibere regionali:

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

il presente lavoro è stato integrato e completato attraverso l'individuazione dei corsi d'acqua riferibili al reticolo principale ed a quello minore, nonché mediante l'individuazione delle relative fasce di rispetto (refer. Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO" e Tavola n°7 "CARTA DEI VINCOLI ESISTENTI").

I corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico principale che percorrono il territorio del Comune di Ruino, ovvero le cui fasce di rispetto interessano parte del territorio, iscritti nell'elenco delle acque pubbliche di cui al Testo Unico n°1775/1933 e riportati in evidenza nelle Tavole 5 e 7 (riferimento denominazione *allegato A* della D.G.R. n°7/13950/03) sono:

1. TORRENTE TIDONE
2. TORRENTE VERSA
3. TORRENTE GHIAIA DI MONTALTO

Essi sono stati individuati in Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO" mediante apposito codice alfanumerico (es: torrente Tidone PV_005), costituito per le prime due lettere dalla sigla della provincia di appartenenza e da un numero progressivo.

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

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

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

I corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore che percorrono il territorio di Ruino, ovvero che ricadono lungo la linea di demarcazione del confine comunale, identificati mediante un apposito toponimo (indicato sulla cartografia C.T.R. in scala 1:10000 e I.G.M. scala 1:25.000) e una sigla identificativa, riportati in evidenza nella Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO" sono:

<i>Fosso Gonelin</i>	affluente del torrente Ghiaia
<i>Rio Molato</i>	affluente del torrente Tidone
<i>Torrente Ghiaia Coppa</i>	affluente del fiume Po
<i>Fosso delle Carrare</i>	affluente del torrente Tidone
<i>Fosso della Colombara</i>	affluente del fosso Gonelin
<i>Fosso dei Gerbidi</i>	affluente del fosso Gonelin
<i>Fosso del Ciabattino</i>	affluente del torrente Ghiaia Coppa

<i>Fosso della Galera</i>	affluente del torrente Tidone
<i>Fosso della Barbera</i>	affluente del torrente Ardivestra
<i>Fosso Braghè</i>	affluente del torrente Tidone
<i>Fosso Milone</i>	affluente del torrente Ghiaia Coppa
<i>Torrente Ardivestra</i>	affluente del torrente Staffora

In particolare, il Fosso del Ciabattino segue per buona parte del tracciato il confine comunale con Montalto Pavese; il Fosso della Barbera e il Fosso delle Carrare definiscono il confine comunale con Valverde; il Torrente Ardivestra nel tratto cartografato individua il confine comunale con il Comune di Val di Nizza; il Fosso della Galera definisce per buona parte del percorso il confine comunale con Zavattarello.

Per ciascun corso d'acqua appartenente al reticolo idrico principale e minore sono state identificate delle fasce di rispetto e normate le attività vietate o soggette ad autorizzazione (rifer. Paragrafo 4.3 e capitolo 5 delle "Norme geologiche di Piano").

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

3.3 STRUTTURA IDROGEOLOGICA DI DETTAGLIO

Dal punto di vista idrogeologico l'indagine ha verificato la presenza nel primo sottosuolo di una modesta falda freatica, generalmente poco profonda e arealmente discontinua. L'assetto idrogeologico di questo orizzonte acquifero risulta strettamente condizionato dall'andamento del tetto del substrato sul quale esso appoggia, dallo spessore delle coperture (coltre di alterazione eluvio-colluviale e depositi continentali terrazzati) e da possibili locali intercalazioni di livelli semipermeabili, in grado di far assumere alla falda stessa caratteri di blanda artesianità.

In linea di massima si può considerare come vigente, per l'intero territorio, un'alimentazione degli orizzonti più superficiali attraverso il processo di percolazione.

Le direttrici di deflusso dominanti sono assimilabili a quelle dell'idrografia di superficie, incentrate sull'alveo del torrente Tidone e del torrente Ghiaia, per quanto essenziale si rivela il ruolo svolto dalle stesse coperture, la cui distribuzione rappresenta infatti il più importante dei fattori che determinano le condizioni idrauliche della falda libera.

Per quanto riguarda infine la circolazione delle acque nelle falde profonde, essa risulta legata alla tipologia e all'orientamento delle fratture e dei giunti di stratificazione dell'ammasso roccioso, le quali costituiscono le vie preferenziali di movimento delle acque.

In base a questa premessa si ritiene opportuno suddividere l'area di studio in zone a litofacies simili distinte tra loro da un diverso grado di permeabilità. Tale distinzione permette di individuare le aree caratterizzate da una permeabilità di massa maggiore (es: successioni marnoso - calcaree), rispetto a quelle meno permeabili (Argille Varicolori).

Sulla base quindi di quelli che sono risultati i caratteri stratigrafici, strutturali e morfologici delle unità litologiche analizzate è stata redatta una scala empirica delle permeabilità, partendo dai valori massimi sino a quelli minimi distinguendo 7 unità idrogeologiche:

- 1) Alluvioni (p)
- 2) Arenarie (f)
- 3) Flysch arenaceo - argillosi (p, f)
- 4) Flysch marnoso – calcarei - argillosi (p, f)
- 5) Complessi marnosi e marnoso - arenacei (p)
- 6) Accumuli caotici (p)
- 7) Argille (p)

p = permeabilità di massa per porosità (prevalente) f = permeabilità di massa fratturazione (prevalente)

Alluvioni

Questa unità idrogeologica, costituita dalle alluvioni del torrente Tidone e del torrente Ghiaia, risulta molto permeabile. I parametri indicativi della permeabilità delle alluvioni sono:

- da 3×10^{-2} a 5×10^{-4} cm/sec dove prevalgono ghiaie e sabbie mediamente addensate con scarsa matrice limosa;
- da 1×10^{-3} a 5×10^{-5} cm/sec dove la matrice presenta una componente limosa più abbondante.

Arenarie

Dotate d'elevata permeabilità secondaria per fratturazione e di una permeabilità primaria (per porosità) relativamente modesta, che si mantiene nell'ordine di 10^{-3} cm/sec.

Per le bancate arenacee più spesse la permeabilità subisce locali e vistosi incrementi, passando da valori di 3×10^{-4} a 3×10^{-2} cm/sec in presenza di leptoclasti e diaclasi.

Flysch arenaceo - argillosi

Questa unità litologica corrisponde alla litofacies più comune della "Formazione delle Arenarie di Scabiazza".

In generale, nella porzione prossima alla superficie topografica questa unità mostra una certa permeabilità che però decresce rapidamente con la profondità a valori intorno a 10^{-6} cm/sec, per quanto i valori risultino influenzate in larga misura dalla percentuale della frazione argillosa.

Flysch marnoso – calcarei - argillosi

Sono rappresentati dalla Formazione della Val Luretta.

La formazione, stratificata e intensamente fratturata, affiorante in alcuni tratti del pendio (Casa Callegara), risulta dotata di una permeabilità per porosità e per fessurazione in grado di giustificare una discreta circolazione idrica sotterranea.

Complessi marnosi e marnoso - arenacei

Sono costituiti da alternanze relativamente omogenee di marne, marne calcaree, argille marnose e argille con intercalazioni di livelli arenacei debolmente cementati.

Le marne sono discretamente porose, ma poco permeabili.

Dal punto di vista idrogeologico questo complesso è da considerare impermeabile, in quanto a dominante marnoso/argillosa: ne sono la conferma i numerosi pozzi in muratura presenti nella zona, i quali evidenziano una falda acquifera impostata nella coltre di alterazione e nel substrato alterato e fratturato con base sul substrato marnoso compatto/non alterato e praticamente impermeabile.

Nella parte più alterata le marne stesse appaiono comunque caratterizzate da un certo grado di fessurazione e quindi da una permeabilità secondaria moderata, che si riduce in profondità per la progressiva chiusura delle diaclasi ad opera del materiale argilloso.

Accumuli caotici

Presenti estesamente su tutto il territorio comunale (Mélange di Baiso – Complesso Indifferenziato). La permeabilità di massa è condizionata dal rapporto marne/argille e dal grado di tettonizzazione dell'ammasso roccioso, generalmente disarticolato e decompresso, in quanto l'unità in parola è di origine esclusivamente tettonica. Per i valori di permeabilità, per quanto soggetti a locali variazioni, si faccia riferimento a quanto indicato per l'unità delle Argille.

Argille

L'unità, corrispondente alle Argille Varicolori, risulta praticamente impermeabile avendo valori del coefficiente di permeabilità dell'ordine di 10^{-9} cm/sec (Gelati 1977).

Tale caratteristica è evidenziata in corrispondenza degli affioramenti, dove la densità del reticolo idrografico superficiale appare particolarmente elevato.

Per completezza d'informazione si riporta infine una stima indicativa della permeabilità degli accumuli di frana, per quanto non cartografati in Tav.3.

La permeabilità varia a seconda del contenuto di particelle fini, variabile dal 20 al 100%, in relazione ai litotipi che compongono il corpo della frana.

Il tutto è riconducibile a tre schemi principali:

- accumuli di frana misti, detritici, provenienti da unità marnoso - calcaree con permeabilità di massa attorno a $5 \cdot 10^{-2}$ cm/sec (gelati 1977);
- accumuli di frana provenienti da unità arenaceo - argillose e marnoso - calcaree con permeabilità di massa di 10^{-5} - 10^{-6} cm/sec.;
- accumuli di frane provenienti da unità arenaceo - argillose e argillose con permeabilità di massa intorno a $2-4 \cdot 10^{-6}$ cm/sec (gelati et alii, 1982).

N.B. In tavola 3, le 5 classi di permeabilità individuate si riferiscono al substrato (tranne che per le alluvioni di fondovalle, dove il valore della permeabilità di massa è chiaramente riferito alla composizione litologica dei depositi); le coltri di copertura eluvio-colluviale e i dissesti franosi non sono stati considerati.

3.4 CLASSI DI PERMEABILITÀ

In base all'analisi svolte, si possono individuare in via semplificativa cinque aree omogenee dal punto di vista della permeabilità (rifer. Tavola n°3 "CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO"):

- AREE A PERMEABILITÀ BASSA O NULLA
Argille Varicolori, Mèlange di Baiso (Complesso Indifferenziato). Presenza di un substrato a dominante argilloso - marnosa poco permeabile o praticamente impermeabile, in cui è particolarmente sviluppato il dissesto idrogeologico.
- AREE A PERMEABILITÀ MEDIO-BASSA
Marne di Monte Piano
- AREE A PERMEABILITÀ MEDIA
Arenarie di Scabiazza, Formazione della Val Luretta.
Presenza di un substrato marnoso e sabbioso-arenaceo, localmente carbonatico, con presenza di calcari cariati, sbrecciati, calcareniti e gessoareniti.
- AREE A PERMEABILITÀ MEDIO-ALTA
Formazione delle Arenarie di Ranzano.
- AREE AD ELEVATA PERMEABILITÀ
Alluvioni di fondovalle e alluvioni terrazzate del torrente Tidone e del torrente Ghiaia (queste ultime non cartografate per la ridotta estensione areale, non rappresentabile alla scala della carta).

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

4.1 PREMESSA

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

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

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

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

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

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

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

In estrema sintesi le onde sismiche possono essere così distinte:

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

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

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

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

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

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

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

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

Figura 7 - Tabella comparativa Grado Richter – Grado M.C.S.

4.1.1. PERICOLOSITÀ, VULNERABILITÀ E RISCHIO

PERICOLOSITÀ SISMICA

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

In termini schematici si può parlare di:

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

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

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

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

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

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

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

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

Per quanto concerne lo studio della *PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE*, sono state avviate numerose attività di ricerca, la più importante delle quali ha portato nell'aprile 2004 alla redazione della nuova *Carta della pericolosità sismica del territorio italiano* (Fig. 8), unitamente al relativo rapporto tecnico-scientifico (http://zonesismiche.mi.ingv.it/mappa_ps_apr04/italia.html).

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

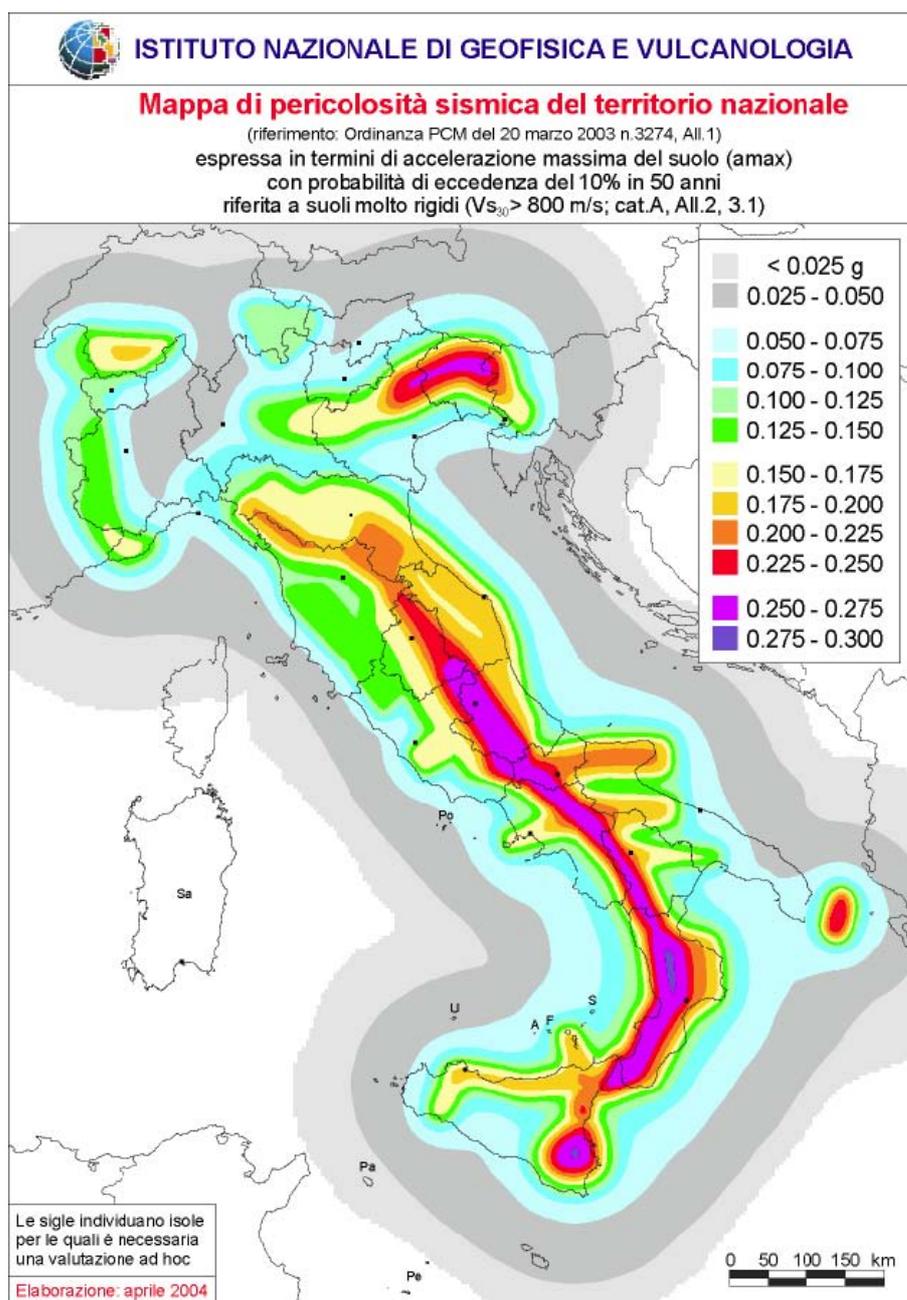


Figura 8 - *Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV, aprile 2004)*

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

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

Dall'esame della mappa di dettaglio per la Regione Lombardia (Fig. 9), si può osservare che la Provincia di Pavia è ricompresa in valori di a_{max} mediamente bassi ($0.025 \text{ g} < a_{max} < 0.125 \text{ g}$).

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

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

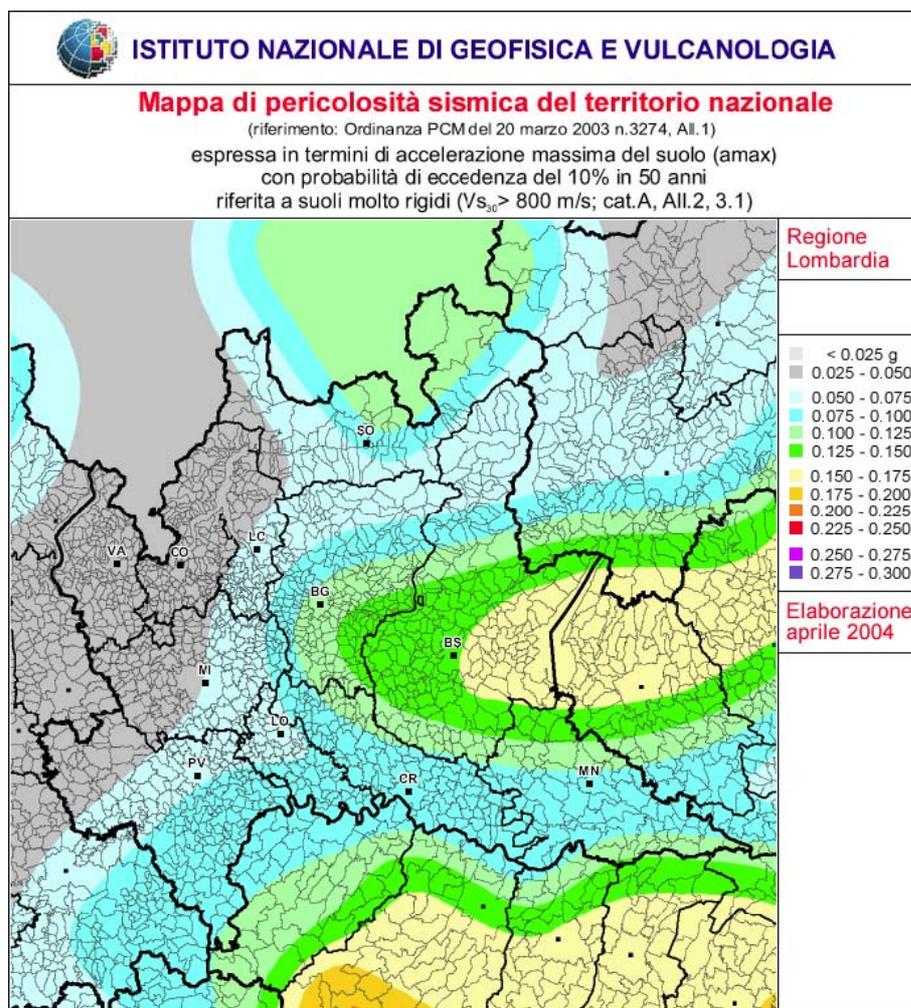


Figura 9 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale.
 Dettaglio per la Regione Lombardia (INGV, aprile 2004)

VULNERABILITÀ SISMICA

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

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

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

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

Tra i principali elementi fisici della vulnerabilità vanno ricordati:

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

RISCHIO SISMICO

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

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

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

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

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

In cui:

Pr *pericolosità di riferimento*

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

Pl *pericolosità locale*

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

Eu *esposizione urbana*

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

Vs *vulnerabilità del sistema urbano*

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

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

4.2.1 DATI STORICI

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

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

Più in dettaglio sono stati esaminati:

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

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

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

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

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

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

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

Entrambi gli strumenti sono stati impiegati da appositi gruppi di lavoro per la redazione di studi fondamentali, quali la "*Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani*" (Fig. 10) e la "*Mappa di pericolosità sismica*" di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche.

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

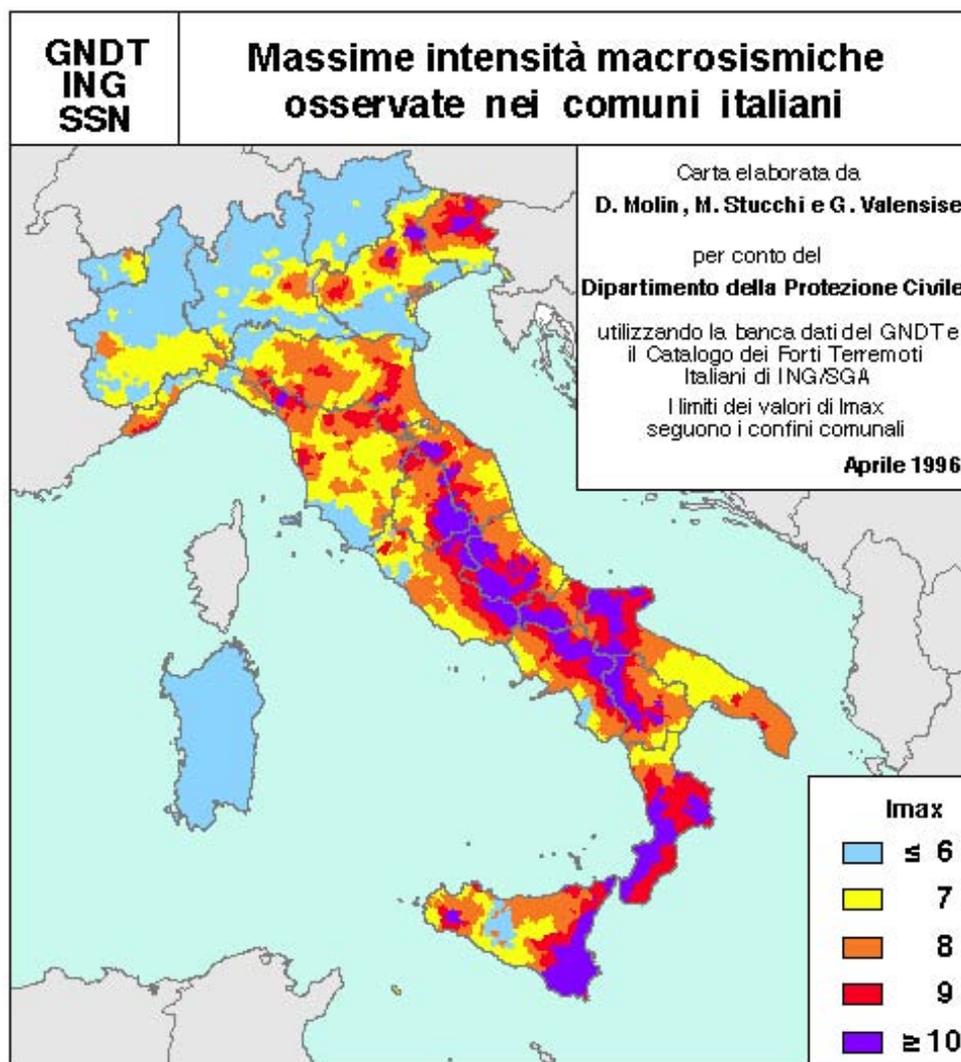


Figura 10 - Massime intensità Macrosismiche osservate in Italia (Fonte I.N.G.V.)

In Figura 11 è riportata la situazione in dettaglio per quanto riguarda le massime intensità macrosismiche osservate in Lombardia. Trattandosi di un elaborato che utilizza i limiti comunali quale cella unitaria, l'aspetto a "macchie di leopardo" che ne deriva, necessita di un'interpretazione elastica alla luce delle conoscenze geologico - morfologiche e tettonico - strutturali che sono alla base del fenomeno sismico.

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

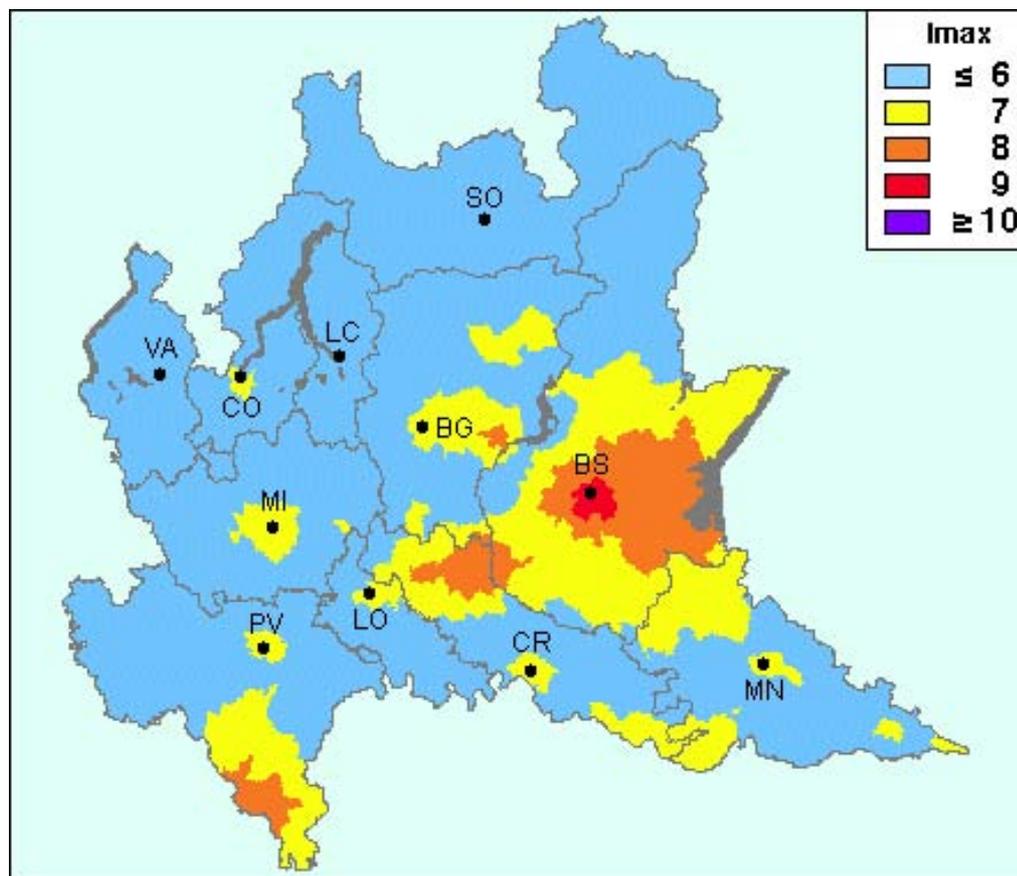


Figura 11 - Massime intensità macrosismiche registrate in Lombardia (fonte INGV)

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

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

La storia sismica di Varzi è segnalata a partire dal 1828, con 9 osservazioni accertate (Fig. 12) tra cui l'evento massimo rappresentato dallo stesso terremoto del 9 ottobre 1828 con epicentro tra la Valle Staffora e la Val Curone.

Altri eventi significativi sono riferiti al 29 giugno 1945, con area epicentrale nei pressi di Bagnaria e al terremoto molto più recente del 9 novembre 1983, con area epicentrale nel parmense.

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

Di tutti gli eventi documentati negli ultimi 1000 anni, quello verificatosi il 9 ottobre 1828 rimane l'unico ad aver con certezza raggiunto la soglia dell'8° grado della scala MCS nel varzese, per quanto anche gli eventi del 29 aprile 1905 e del 29 giugno 1945 mostrano un'intensità epicentrale tra il settimo e l'ottavo grado della scala Mercalli.

Storia sismica di Varzi [44.823, 9.197]									
Numero di eventi: 9									
Effetti									
In occasione del terremoto del:									
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
7	1828	10	09	02	20	Valle dello Staffora	105	8	5.67
5-6	1882	02	15	04	50	APPENNINO LIGURE	18	6	4.83
NF	1905	04	29	01	46	Alta Savoia	267	7-8	5.79
7	1945	06	29	15	37	Valle dello Staffora	31	7-8	5.15
6	1945	12	15	05	27	VARZI	12	6	4.78
5	1951	05	15	22	54	LODIGIANO	126	6	5.24
4	1972	10	25	21	56	PASSO CISA	198	5	4.95
4-5	1983	11	09	16	29	Parmense	835	7	5.10
NF	1987	05	02	20	43	REGGIANO	802	6	5.05

Fig. 12 - Elenco dei terremoti in cui risulta citata la località di Varzi (PV)

Is	Intensità al sito (MCS)
AE	Denominazione dell'area dei maggiori effetti
Ix	Intensità epicentrale (MCS)
Mw	Magnitudo momento

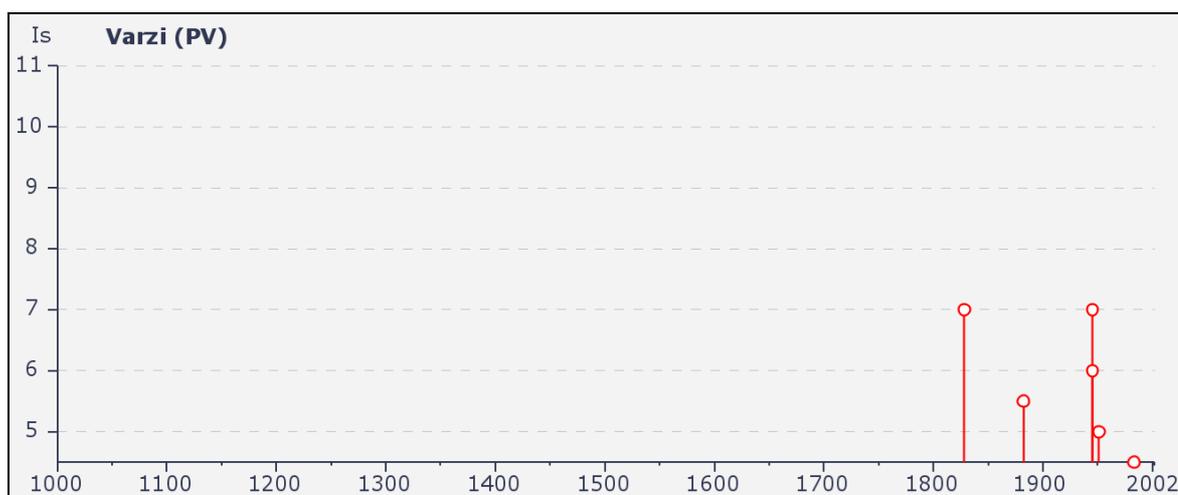


Fig. 13 - Rappresentazione della storia sismica di Varzi limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5

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

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

Tabella 1 - Osservazioni sismiche a Pavia

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

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

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

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

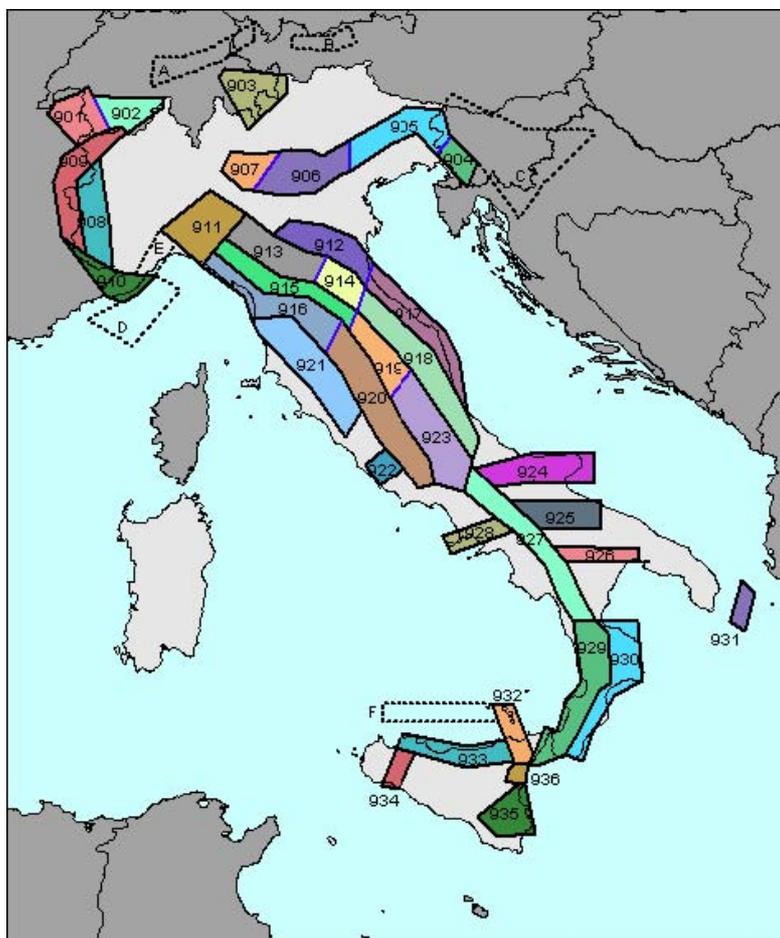


Figura 14

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

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

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

4.3 QUADRO NORMATIVO NAZIONALE E REGIONALE

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

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

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

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

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

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

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

La Regione Lombardia, con la citata D.G.R. n°14964 del 7 novembre 2003, ha imposto in *zona sismica 3*, all'interno della quale risulta ricadere anche il *Comune di Ruino*, l'obbligo della progettazione antisismica per le sole costruzioni "*strategiche e rilevanti*", così come rilevate dal Decreto n°19904 del 21.11.2003. In fase di pianificazione urbanistica è inoltre obbligatorio eseguire analisi di 1° e 2° livello, queste ultime solo negli scenari PSL Z3 e PSL Z4 se interferenti con l'urbanizzato e l'urbanizzabile.

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

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

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

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

Tabella 2

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

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

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

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

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

Tabella 3A

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

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

Tabella 3B

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

4.3.1 AZIONE SISMICA - CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.3.2 AZIONE SISMICA - ZONE SISMICHE

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

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

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

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

Si nota come per il Comune di Ruino, incluso nella zona sismica 3, l'accelerazione orizzontale di picco con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (a_g/g) è compresa tra 0,05 e 0,15 g e l'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g) è fissato pari a 0,15.

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

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

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

Valori dei parametri dello spettro di risposta elastica della componente orizzontale

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

Valori dei parametri dello spettro di risposta elastica della componente verticale

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

4.4 METODOLOGIA UTILIZZATA PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI SISMICI DI SITO

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

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

1° livello Riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti.

Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la classificazione e la perimetrazione delle aree suscettibili di amplificazione sismica (*aree a Pericolosità Sismica Locale - PSL*).

2° livello Caratterizzazione semi - quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree individuate dalla carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di *Fattore di Amplificazione* (Fa).

Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di Fa sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili (D.G.R. 28 maggio 2008, n°8/7374).

Il confronto con il valore soglia fornito dalla Regione Lombardia per ciascun Comune (vedi tabella seguente) consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato, superiore a Fa di soglia). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore (ad es. i comuni in zona 3 utilizzeranno i valori previsti per la zona 2).

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

Per il comune di Ruino, ricadente in zona sismica 3, l'applicazione del secondo livello è obbligatoria all'interno delle aree PSL Z3 e Z4 se interferenti con l'urbanizzato, oltre che nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi del d.d.u.o. n°19904/2003.

In accordo con l'Amministrazione Comunale di Ruino, stanti i costi aggiuntivi attualmente non sopportabili, si demandano ad approfondimenti successivi le verifiche di cui all'allegato 5 della D.G.R. 30 novembre 2011 n°9/2616, relative all'applicazione del 2° livello di approfondimento, da realizzarsi in corrispondenza degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (effetti morfologici: scenari Z3a e Z3b; non risultano invece presenti gli scenari Z4 - effetti litologici - interferenti con l'urbanizzato o l'urbanizzabile).

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

3° livello

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

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

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

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

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

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

Tabella 4

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

4.5 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE DEL TERRITORIO DEL COMUNE DI RUINO SECONDO LE INDICAZIONE DELLA D.G.R. 22 DICEMBRE 2005, N°8/1566

Per il Comune di Ruino, ricadente in zona sismica 3, la D.G.R. 22 dicembre 2005, n°8/1566 prevede obbligatoriamente, in fase pianificatoria, l'applicazione del primo livello di approfondimento. Esso consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti. Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di:

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

Perciò, salvo per quei casi in cui non siano disponibili informazioni geotecniche di alcun tipo, nell'ambito del 1° livello di approfondimento non sono necessarie nuove indagini geotecniche. Per quanto riguarda il territorio del comune di Ruino, lo studio relativo al primo livello di approfondimento è consistito in:

- analisi dei dati esistenti, già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento (Tavola n°1 "CARTA DI INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO E STRUTTURALE"; Tavola n°2 "CARTA GEOMORFOLOGICA"; Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO")
- redazione della Tavola n°4 "CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) CON UBICAZIONE DEI DATI LITOSTRATIGRAFICI, GEOGNOSTICI E GEOTECNICI", elaborata a partire dalle informazioni di carattere litologico e geotecnico utilizzate per la redazione delle precedenti carte di base, in cui viene riportata la perimetrazione areale e la definizione lineare delle diverse situazioni tipo (vedi Tabella 5) in grado di determinare gli effetti sismici locali. La tabella è conforme nelle sigle e nella numerazione a quella individuata dalla normativa di settore; sono state pertanto derubricate le zone non riscontrate nel territorio in studio

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

<i>Sigla</i>	COMUNE DI RUINO SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI SISMICI LOCALI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona caratterizzata da movimenti franosi stabilizzati	
Z3a	Zone di ciglio con altezza $H > 10$ metri (orlo di scarpata morfologica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo arrotondata	
Z4a	Zone con prevalenza di depositi alluvionali granulari (depositi alluvionali del torrente Ghiaia).	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella 5

Comune di Ruino

Scenari di pericolosità sismica locale ed effetti sismici locali attesi

Nella fase di redazione della CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) sono stati rappresentati con:

- elementi lineari gli scenari Z3a, Z3b e Z5: in particolare per lo scenario Z3a si è evidenziato il ciglio della scarpata, per lo scenario Z3b la linea di cresta sommitale e per lo scenario Z5 il limite di contatto tra i litotipi individuati;
- elementi areali gli scenari Z1 e Z4a.

Le prescrizioni da assegnare a questi scenari in fase di pianificazione riguardano, oltre al fenomeno prioritario, anche i fenomeni di possibile amplificazione sismica che dovranno essere valutati in fase di progettazione sulla base degli interventi adottati per risolvere le problematiche prioritarie.

Gli scenari PSL individuati con l'analisi di primo livello sono stati riportati con appositi retini trasparenti nella Tavola n°9 "CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO COMUNALE", assegnando a ciascuno le prescrizioni opportune, con specifico riferimento a quanto riportato al paragrafo 2.6 "Normativa sismica del territorio comunale di Ruino" delle *Norme geologiche di Piano*.

Tale sovrapposizione non comporta comunque un automatico cambio di classe di fattibilità ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dal D.M. 14 gennaio 2008, oppure dove sia necessario realizzare preventivamente gli studi di 3° livello, fermo restando la possibilità di utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore. La CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) permette anche l'assegnazione diretta della classe di pericolosità sismica (da H1 a H4) e dei successivi livelli di approfondimento necessari (vedi Tabella 6):

Sigla	COMUNE DI RUINO SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	H2 – livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona caratterizzata da movimenti franosi stabilizzati	
Z3a	Zone di ciglio con altezza H > 10 metri (orlo di scarpata morfologica)	H2 – livello di approfondimento 2°
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo arrotondata	
Z4a	Zone con prevalenza di depositi alluvionali granulari (depositi alluvionali del torrente Ghiaia).	H2 – livello di approfondimento 2°
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	H2– livello di approfondimento 3°

Tabella 6

Comune di Ruino

Classi di pericolosità sismica per ogni scenario di pericolosità sismica locale

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

il 2° livello di approfondimento permetterà:

- la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi
- l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione (zone Z3a, Z3b e Z4a), di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici.

il 3° livello di approfondimento permetterà:

- la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi per le sole aree in cui la normativa nazionale risulta inadeguata,
- la quantificazione degli effetti di instabilità dei versanti (zone Z1).

Non è necessaria la valutazione quantitativa a livelli di approfondimento maggiore dello scenario inerente le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (zone Z5), in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi.

In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

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

5.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

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

I dati raccolti si riferiscono a:

- n°7 diagrafie relative a prove penetrometriche statiche "*cone penetration test*" (C.P.T. 01_07)
- n°7 diagrafie relative a prove penetrometriche dinamiche "*Dynamic Continuous Penetration Test*" con avanzamento di 30 centimetri (D.C.P.T.₃₀ 01_07)
- n°30 stratigrafie relative a trincee geognostiche esplorative (T 01_30)
- n°12 stratigrafie relative a sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S 01_12)

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

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

Per quanto riguarda le trincee geognostiche esplorative (T 01_30) ed i sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S 01_12), l'analisi delle stratigrafie - talvolta supportata da parametri geotecnici ricavati da prove in sito -, consente di valutare sia l'esatta successione dei depositi investigati, sia il comportamento geotecnico in sito del terreno naturale, tenendo conto in particolare di coesione, consistenza e grado di permeabilità.

In corrispondenza di numerose prove penetrometriche (statiche e dinamiche), eseguite in corrispondenza dei diversi depositi indagati, è stata rinvenuta la falda freatica. Il dato assume in ogni caso un'importanza relativa, in relazione al fatto che le prove medesime sono state eseguite in un intervallo di circa 10 anni e comunque in stagioni diverse.

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

5.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA PRELIMINARE DEI TERRENI INVESTIGATI

In questo paragrafo sono riportati alcuni dati, a carattere generale e di interesse pratico, riguardanti le caratteristiche geotecniche e fisico-meccaniche dei diversi terreni incontrati durante lo studio, definite sia attraverso una accurata ricerca bibliografica, sia per confronto con depositi analoghi già studiati in termini di proprietà indici e resistenza al taglio.

I litotipi affioranti nel territorio in esame ed i relativi prodotti di alterazione sono caratterizzati da proprietà geotecniche differenziate e variabili, che vengono di seguito riassunte in forma qualitativa, con riferimento agli elementi geotecnici sopra indicati.

Schematicamente, dal punto di vista geotecnico e geomeccanico, le formazioni affioranti si possono suddividere in tre diverse unità:

- unità litologiche omogenee (alternanze omogenee con una - due litologie dominanti);
- unità litologiche eterogenee (alternanze omogenee con litologie a diversa caratterizzazione geotecnica);
- accumuli caotici (presenza di più litologie a diversa caratterizzazione geotecnica in assetto caotico, coltri argilloso - detritiche e corpi di frana).

In relazione inoltre alla loro predisposizione al dissesto, le unità litologiche possono ulteriormente essere suddivise in una serie di complessi litologici (riferimento Tav.5a/f), elencati in ordine di attitudine crescente a generare movimenti franosi.

5.2.1 UNITÀ ROCCIOSE A LITOFACIES OMOGENEE

a) Complesso delle rocce coerenti

Formazione delle Arenarie di Ranzano

Arenarie ben stratificate variamente cementate con sottili intercalazioni marnoso - sabbiose e conglomerati poligenici a matrice arenaceo - siltosa in generale scarsamente cementati.

Gli strati arenacei hanno uno spessore che varia dai 10 ai 30 cm, interessati generalmente da una serie di fratture perpendicolari o oblique rispetto alla stratificazione. Queste caratteristiche permettono all'arenaria di essere permeabile in grande e, in misura minore, per porosità.

L'assetto dei versanti modellati in tali litotipi è condizionato essenzialmente dal grado di cementazione e dalle condizioni di giacitura dell'ammasso roccioso, con formazione di limitate e locali frane di crollo, in relazione a fenomeni di scalzamento al piede, operati generalmente da interventi antropici.

Limitati fenomeni d'instabilità si riscontrano talvolta dove le formazioni appartenenti a questa unità poggiano su terreni con componente argillosa e argilloso - marnosa predominante.

Dal punto di vista del comportamento meccanico l'indice di resistenza a carico per le arenarie da valori di $I_s = 0,1-0,8 \text{ MN/m}^2$ e l'indice di qualità della roccia $RQD = 24\%$ (Barla et alii, 1977).

b) Complesso marnoso e marnoso - arenaceo*Formazione delle Marne di Monte Piano.*

Alternanze relativamente omogenee di marne, marne calcaree, argille marnose e argille con intercalazioni di livelli arenacei debolmente cementati.

Le marne sono discretamente porose, ma poco permeabili.

Le condizioni di stabilità di tale complesso risultano in generale variabili in relazione alle alternanze litologiche e alla presenza, soprattutto, di quelle argillose.

I dissesti tipici, laddove le argille risultano prevalenti, sono rappresentati da frane complesse (scivolamenti traslazionali lungo strato con evoluzione in colata) e da fenomeni di erosione accelerata (calanchi), mentre dove prevalgono le marne i versanti tendono a mantenere una buona stabilità anche con inclinazioni medio - elevate (30°-35°).

Dal punto di vista tecnico sono importanti i passaggi tra le marne, le marne argillose e le argille, che implicano variazioni anche sensibili di permeabilità.

Nel caso di terreni argillosi e marnosi del substrato, consolidati e fratturati, privi di stratificazione e a struttura poliedrica compatta, i parametri geomeccanici risultano in funzione principalmente della frequenza delle superfici di discontinuità distribuite all'interno dell'ammasso roccioso.

Queste proprietà si riflettono sul comportamento geotecnico e geomeccanico dell'ammasso roccioso, in particolare sulla resistenza al taglio, espressa in termini di coesione, e sulla compressibilità. Quando il terreno presenta una simile macrostruttura, i risultati di prove di laboratorio e in sito condotte su campioni indisturbati sono scarsamente rappresentativi del comportamento globale del terreno, sempre che esse non ne interessino una zona significativa.

In base a queste premesse si consiglia di assumere per la coesione non drenata (Cu) valori ridotti rispetto a quelli dedotti in laboratorio e/o misurati in sito, cioè $Cu' = 2/3 Cu$.

c) Complesso delle Argille Varicolori*Argille Varicolori s.s.: facies argillosa della Formazione delle Arenarie di Scabiazza.*

Argille scagliose intensamente tettonizzate, con rari e sottili interstrati lapidei disarticolati, inglobante spesso blocchi di breccie e/o conglomerati poligenici. A causa dell'intensa tettonizzazione subita, le argille appaiono compatte e presentano solamente un accenno di stratificazione. In relazione all'elevato valore dell'indice di ritiro, durante i periodi secchi la superficie presenta una serie di fessure molto ravvicinate che favoriscono una certa permeabilità, che tuttavia decresce bruscamente verso valori minori di 10^{-7} cm/s non appena l'imbibizione dia luogo al rammollimento e al rigonfiamento delle particelle argillose: ciò sutura le fessure e impedisce che l'acqua percoli in profondità.

I dissesti tipici sono costituiti da scivolamenti rotazionali e traslazionali con evoluzione in colate, e da fenomeni di erosione accelerata (calanchi).

L'assenza o la ridotta percentuale di frazione detritica e la composizione mineralogica conferiscono scadenti proprietà geotecniche di massa anche in profondità (fenomeni di plasticizzazione a seguito di processi deformativi di pendio e per assenza di drenaggio), pur riconoscendosi ancora un profilo di resistenza differenziata sulla verticale, alla pari delle coltri argilloso - detritiche.

Dal punto di vista del comportamento meccanico sono stati considerati il limite di liquidità W_L , generalmente minore dell' 80% (ma può essere perfino superiore al 100%) e il limite di plasticità W_p che è sempre vicino al 65% (Guagnini 1975). L'attività d'argilla è vicina o superiore a 1,25 (valore elevato dovuto alla presenza della montmorillonite, che conferisce a questa unità un indice di plasticità insolitamente elevato preservando gli affioramenti dall'erosione, ma rendendola facile preda di dissesti franosi superficiali).

5.2.2 UNITÀ ROCCIOSE A LITOFACIES ETEROGENEE

a) Complesso delle rocce incoerenti

Alluvioni di fondovalle

Nel complesso è possibile individuare il seguente schema geotecnico generale:

A0 Strato di terreno superficiale: suolo agrario pedogenizzato.

Limi sabbiosi o sabbioso-argillosi, generalmente dotati di bassa consistenza, facilmente disaggregabili e debolmente coesivi, mediamente permeabili. Il comportamento di massa è controllato dalla frazione limosa preponderante. Parametri geotecnici variabili in funzione del contenuto d'acqua e della composizione mineralogica ma comunque scadenti, sia in termini di resistenza al taglio non drenata che di compressibilità.

G Ghiaie miste a ciottoli-blocchi in matrice sabbiosa o sabbioso-limosa variabile.

Caratterizzate da permeabilità primaria da discreta a buona, questi depositi ospitano la falda freatica direttamente collegata all'alveo del torrente Tidone e del torrente Ghiaia, i quali svolgono un ruolo alimentatore nei confronti della medesima.

L'eterogeneità litologica e la differenziazione granulometrica si ripercuotono sulle caratteristiche fisico-meccaniche che risultano estremamente variabili.

I materiali si presentano in genere poco gradati; la massa è allo stato sciolto o poco addensato, con permeabilità medio - alta. La resistenza al taglio del terreno (espressa in termini di angolo di attrito interno) è condizionata dalla presenza/assenza di acqua.

La portanza di questi terreni è influenzata dal grado di addensamento, dall'eterogeneità granulometrica e dalle oscillazioni della falda acquifera, nonché dai possibili fenomeni di erosione sotterranea in presenza di gradienti idraulici critici.

b) Complesso dei Flysch

1. Flysch marnoso – calcarei - argillosi

Formazione della Val Luretta

Questa unità flyschoidale presenta caratteristiche fisico-meccaniche molto variabili a seconda del litotipo considerato. Il comportamento geotecnico è controllato dalla struttura (giacitura degli strati e grado di fratturazione), dalla frequenza e spessore delle alternanze litologiche differenziate e dal grado di alterazione della massa.

In ammassi poco fratturati prevale il comportamento anisotropo - ortotropo con resistenza al taglio minore lungo strato, specie se in presenza di intercalazioni marnose e argillose alterabili (valori anche prossimi al residuo) e maggiore attraverso strato. A questo è essenzialmente dovuta l'evoluzione differenziale dei versanti e la marcata asimmetria delle valli incise lungo direzione di strato o secondo un sistema di fratture estese.

2. Flysch arenaceo - argillosi

Questa unità litologica corrisponde alla litofacies più comune della "Formazione delle Arenarie di Scabiazza". Si tratta di un'alternanza di arenarie e argille che affiorano nella parte meridionale del territorio comunale (Carmine). Le alternanze arenaceo - argillose sono particolarmente erodibili e quindi soggette a dissesti franosi superficiali.

Le caratteristiche fisico-meccaniche di questa unità litologica sono influenzate in larga misura dalla presenza dell'argilla, più o meno siltosa.

I limiti di plasticità e di liquidità danno rispettivamente valori di $L_p = 22\%$ e $L_w = 46\%$.

L'attività d'argilla è uguale a 0,60 (Guagnini et alii, 1975).

Per le arenarie l'indice di resistenza a carico è $I_s = 0,10-0,15 \text{ MN/m}^2$.

5.2.3 ACCUMULI CAOTICI

a) Mèlange di Baiso

Tali unità, a struttura caotica per l'intensa tettonizzazione subita, è costituita da argille inglobanti frammenti e blocchi lapidei di natura diversa, dispersi disordinatamente nella massa.

I versanti modellati in queste unità sono molto instabili, con formazione di colate e scivolamenti multipli traslazionali e rotazionali, generalmente superficiali. Il comportamento geotecnico della massa è controllato dalla frazione fine, caratterizzata dai seguenti parametri:

- materiali di medio - alta plasticità, suscettibili di ritiro e rigonfiamento in relazione al grado di saturazione e addensamento;
- strato superficiale dotato di proprietà geotecniche scadenti, ed influenzato dagli agenti atmosferici, con locali fessure da ritiro (spessore fino a 1,50 - 1,80 m);
- parte inferiore della copertura a contatto con il substrato satura, di ridotta consistenza e resistenza al taglio - zona di possibile scivolamento - ($C_u = 2,5 - 8 \text{ t/m}^2$; attrito residuo $\Phi_r 12^\circ - 15^\circ$).

b) Corpi di frana

I materiali di frana attiva o quiescente, generalmente composti da frammenti rocciosi di dimensioni variabili o da interi pacchi di strati immersi in una matrice proveniente in parte dal suolo vegetale ed in parte dallo smembramento del substrato, sono assimilabili ad unità litologiche caotiche, con caratteristiche geotecniche scadenti.

Le condizioni di drenaggio e quindi l'efficacia degli interventi di consolidamento dipendono dalla permeabilità della massa rimaneggiata (generalmente eterogenea) e dalle caratteristiche del substrato.

6. ZONAZIONE DEL TERRITORIO - METODOLOGIA UTILIZZATA

L'insieme delle indagini esperite e dei dati raccolti nel corso del presente studio hanno consentito la stesura di un elaborato cartografico finale (Tavola n°8 "CARTA DI SINTESI") che fornisce, per tutto il territorio del Comune di Ruino, una prima sostanziale valutazione delle aree omogenee dal punto di vista della pericolosità / vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera.

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

La Tavola n°8 "CARTA DI SINTESI" risulta di particolare importanza pratica non solo per valutazioni di carattere propriamente ambientale, nei confronti ad esempio dell'ipotesi di realizzazione di impianti o insediamenti pericolosi, ma anche in relazione ad altri interventi antropici di una certa consistenza, comportanti consistenti modificazioni dell'attuale assetto fisico del territorio (quali ad esempio attività estrattive).

6.1 CARATTERISTICHE DI VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI

In assenza di pozzi profondi sfruttati ad uso idropotabile, la valutazione della vulnerabilità dell'acquifero superficiale nei confronti di potenziali agenti inquinanti liquidi o idrovesicolati è stata effettuata tenendo conto di vari fattori geologici ed idrogeologici quali:

- tipo e grado di permeabilità dei depositi;
- tipo e spessore delle coperture a granulometria fine e con bassa permeabilità (argille e limi), che costituiscono elementi di protezione degli acquiferi sottostanti;
- soggiacenza della superficie piezometrica dell'acquifero;
- condizioni geomorfologiche particolari, quali la presenza di movimenti franosi.

In Tavola n°8 "CARTA DI SINTESI", attraverso la valutazione dei dati raccolti si è quindi giunti all'individuazione, nell'ambito del territorio del Comune di Ruino, di cinque aree con diverso grado di vulnerabilità idrogeologica variabili fra *basso o nullo* ed *elevato*, evidenziate con apposite retinature e con diversa colorazione. Il metodo utilizzato definisce una vulnerabilità di tipo intrinseco, quindi asettica rispetto al tipo di attività antropiche presenti sul territorio.

GRADO DI VULNERABILITÀ ELEVATO

Aree in frana attiva

GRADO DI VULNERABILITÀ MEDIO-ALTO

Aree in frana quiescente; aree in frana stabilizzata

Coltre eluvio - colluviale associata alla Formazione delle Arenarie di Ranzano, a medio - alta permeabilità

GRADO DI VULNERABILITA' MEDIO

Coltre eluvio - colluviale associata alla Formazione della Val Luretta e alle Arenarie di Scabiazza, a media permeabilità.

GRADO DI VULNERABILITA' MEDIO-BASSO

Coltre eluvio - colluviale associata alla Formazione delle Marne di Monte Piano, a medio - bassa permeabilità.

GRADO DI VULNERABILITA' BASSO O NULLO

Coltre eluvio - colluviale associata alla formazione del Melange di Baiso e delle Argille Varicolori, a permeabilità bassa o nulla.

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

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

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

- Aree di frana attiva
- Aree di frana quiescente
- Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo: versanti collinari da poco acclivi a mediamente acclivi, con inclinazione generalmente compresa tra 15° - 20°, localmente a morfologia irregolare. Copertura eluvio-colluviale dotata di spessori medio - elevati; possibile formazione di effimere falde idriche al passaggio con la parte superiore del substrato. Substrato marnoso - argilloso di consistenza e struttura variabili, localmente con giacitura sfavorevole
- Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

- Aree a diverso grado di vulnerabilità idrogeologica (*) dell'acquifero superficiale nei confronti di potenziali agenti inquinanti liquidi o idroveicolati
 - GRADO DI VULNERABILITA' ELEVATO
 - GRADO DI VULNERABILITA' MEDIO-ALTO
 - GRADO DI VULNERABILITA' MEDIO
 - GRADO DI VULNERABILITA' MEDIO - BASSO
 - GRADO DI VULNERABILITA' BASSO O NULLO

(*) valutato in relazione ai dati relativi a spessore, caratteristiche litologiche, composizione granulometrica e grado di permeabilità dei terreni sovrastanti l'acquifero superficiale

- Aree precedentemente escavate / cave dismesse (rifer. Catasto Cave Cessate - P.C.P. Provincia di Pavia - marzo 2004)

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

- Frane stabilizzate, con caratteristiche geotecniche scadenti e limitata capacità portante

6.3 ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI D'INGRESSO

La Tavola n°9 "CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO COMUNALE", è desunta dalla carta di sintesi attribuendo una valore di classe di fattibilità a ciascun poligono, con un automatismo come specificato nella Tabella 7.

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

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

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

<i>Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti</i>	
Aree di frana attiva	4
Aree di frana quiescente	4
Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo: versanti collinari da poco acclivi a mediamente acclivi, con inclinazione generalmente compresa tra 15° - 20°, localmente a morfologia irregolare. Copertura eluvio-colluviale dotata di spessori medio - elevati; possibile formazione di effimere falde idriche al passaggio con la parte superiore del substrato. Substrato marnoso - argilloso di consistenza e struttura variabili, localmente con giacitura sfavorevole.	3
Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)	4

<i>Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico</i>	
Aree a grado di vulnerabilità idrogeologica ELEVATO (*)	3
Aree a grado di vulnerabilità idrogeologica MEDIO - ALTO (*)	3
Aree a grado di vulnerabilità idrogeologica MEDIO (*)	2
Aree a grado di vulnerabilità idrogeologica MEDIO - BASSO (*)	2
Aree a grado di vulnerabilità idrogeologica BASSO O NULLO (*)	1
Aree precedentemente escavate (cave dismesse)	3
<i>Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche</i>	
<i>Aree che potenzialmente possono presentare problematiche di tipo geotecnico</i>	
Frane stabilizzate, con caratteristiche geotecniche scadenti e limitata capacità portante	3

Tabella 7

Classi di ingresso dei poligoni individuati nella carta di sintesi

(*) riferita all'acquifero superficiale

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

- le aree a grado di vulnerabilità idrogeologica MEDIO - ALTO (classe di ingresso 3) localmente coincidono con
 - aree in frana quiescente (classe di ingresso 4)
 - Aree precedentemente escavate (cave dismesse) (classe di ingresso 3).

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

Nella Tavola 9 "CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO COMUNALE", non è richiesta l'individuazione dei perimetri delle aree di tutela assoluta e di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile, nonché dei cimiteri e dei depuratori, in quanto soggette a specifica normativa. L'attribuzione della classe di fattibilità di tali aree deriva esclusivamente dalle caratteristiche geologiche delle stesse.

Stradella, giugno 2012

Il Professionista Incaricato
Dott. Geol. Daniele Calvi

BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

AQUATER S.P.A. - TECNECO (1981-1984) - *Progetto Speciale Oltrepò - Proposta di Piano di riassetto globale del territorio - ai sensi dell'art.2 della L.R. n°59/78* - Piano per il riassetto territoriale dell'Oltrepò Pavese. Carte litologiche 1:25.000: fogli Montalto Pavese, Torrazza Coste, Stradella, Castel San Giovanni, Casteggio. Regione Lombardia, Ufficio Speciale per l'Oltrepò Pavese.

ARCA S., BERETTA G.P. (1985) - *Prima sintesi geodetica-geologica sui movimenti verticali del suolo nell'Italia settentrionale*. Anno XLIV Bollettino di geodesia e affini -n°2 pp. 125-157.

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

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

BEATRIZZOTTI G., BELLINZONA G., BELTRAMI G., BONI A., BRAGA G., MARCHETTI G., MOSNA S. (1969) - *Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000, Foglio 71 "Voghera"* II edizione, Servizio Geologico d'Italia, Roma.

BELLINZONA G., BONI A., BRAGA G., MARCHETTI G. (1971) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, Foglio 71 "Voghera"* Nuova Tecnica Grafica, Roma.

BERNINI, M. ET AL. (1978) - *Dati Preliminari sulla Neotettonica di un settore dell'Appennino nord-occidentale e dell'antistante Pianura Padana*. Estratto da "Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia". Pubbl. n. 155 del Progetto Finalizzato Geodinamica, pp. 261-327, Roma.

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

BONI P. ET ALII (1996) - *Considerazioni preliminari sulla morfologia e sul reticolo idrografico dell'Appennino settentrionale tra i torrenti Orba (AL) e Nure (PC)*. Il Quaternario, 9 (1), 233-238, Roma.

BONI, A. (1957) - *Elementi per la struttura geologica della porzione di NW dell'Appennino settentrionale*. La Ricerca Scientifica, 27/10:2977-2987.

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

BONI, P., LAURETI, L., MARCHETTI G., OTTONE C., PELLEGRINI L. & ROSSETTI R. (1996) - *Considerazioni preliminari sulla morfologia e sul reticolo idrografico dell'Appennino settentrionale tra i torrenti Orba (Prov. di Alessandria) e Nure (Prov. di Piacenza)*. "Il Quaternario", 9 (1): 233-238.

BRAGA G. (1972) - *La degradazione dei versanti nell'alta vai Tidone (Appennino Pavese-Piacentino)* Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, Vol.13, Pavia

BRAGA G. ET ALII (1985) - *I fenomeni franosi nell'Oltrepò Pavese: tipologia e cause*. Geol. Appl. e Idrogeol., Bari, vol. 20, parte II, pp.621-666.

BRAGA G., MEISINA C. (2000) - *Caratteristiche geologiche e geotecniche che condizionano la stabilità delle fondazioni di edifici storici: esempi nell'Oltrepò Pavese (Lombardia Italia)*. "Quary – Laboratori – Monument" International Congress – Pavia.

BRAGA G., MEISINA C., PILLA G. (1996) - *Manifestazioni sorgentizie di fondovalle e loro valenza nel contesto delle risorse idriche dell'Oltrepò Pavese*. Atti Convegno Salice Tenne "Acque sotterranee nell'Oltrepò Pavese: contributi alla valorizzazione delle risorse idriche", I quaderni delle acque sotterranee, 5, 151-163. GEO-GRAPH, Segrate.

BRAGA, G. ET AL. (1985) - *I fenomeni franosi nell'Oltrepò Pavese: tipologia e cause*. Geol. App. e Idrogeol., XX, 2: 621-666.

BRAGA, G., CASNEDI, R., MARCHETTI, G. (1982) - *Carta strutturale dell'Appennino settentrionale, alla scala 1:250.000, Foglio 4*. C.N.R. - Progetto finalizzato Geodinamica, s. 5 "Modello strutturale" – Gruppo Appennino settentrionale. Pubbl. n. 429.

BRAGA, G., MARCHETTI, G. (1978) - *L'incidenza delle faglie sulla franosità dei pendii: esempi nell'Appennino settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It., 19: 111-118.

CASTELLARIN A. EVA, C., GIGLIA, G., VAI, G.B. (1985) - *Analisi strutturale del Fronte Appenninico Padano*. Giornale di geologia, 47, 47-75.

CAVANNA F., DI GIULIO A., GALBIATI B., MOSNA S., PEROTTI C.R. & PIERI M. (1989) - *Carta geologica dell'estremità orientale del Bacino Terziario Ligure - Piemontese*. Atti Tic. Sc della Terra, Vol.XXXII.

CAVANNA F., GUADO G., VERCESI P.L. (1996) - *Assetto strutturale del margine appenninico Pavese-Piacentino e connessione con la mineralizzazione delle acque*. Atti Convegno Salice Tenne "Acque sotterranee nell'Oltrepò Pavese: contributi alla valorizzazione delle risorse idriche", I quaderni delle acque sotterranee, 5, 193-234 - GEOGRAPH, Segrate.

CERRINA FERONI A., MARTELLI L., MARTINELLI P., OTTRIA G., CATANZARITI R. (2002) - *Note illustrative alla Carta Geologico - Strutturale dell'Appennino Emiliano - Romagnolo - Scala 1:250000*. S.E.L.C.A. , Firenze.

CI.VI.FRUC.E - Centro Regionale per l'incremento della Vitivinicoltura, Frutticoltura e Cerealicoltura - *Dati di temperatura e piovosità relativi alla stazione di misura di Rovescala. Periodi di riferimento 1987-1997*.

COBIANCHI M., PICCIN A., VERCESI P.L. (1994) - *La Formazione di Val Luretta (Appennino piacentino). Nuovi dati litostratigrafici e biostratigrafici*. Atti Tic. Sc. Terra. 37: 235-262.

DALLAGIOVANNA, G., MARCHETTI, G., VERCESI, P.L. (1991) *Sulla presenza di spezzoni di successioni giurassiche nel "complesso indifferenziato" dell'Appennino pavese-piacentino*. Rend. Soc. Geol. It., 14: 37-42.

DRISCOLL R. (1983) - *The influence of vegetation on swelling and shrinkage of clays in Britain*. Geotechnique 33 (2), 93-106.

GELATI R., BRUZZI D., CATASTA G., CATTANEO P.C. (1974) - *Evoluzione stratigrafico - strutturale dell'Appennino Vogherese a NE della Val Staffora*. Atti Ist. di Geol. e Paleont. dell'Univ. degli Studi di Milano, 154: 483-493.

- GELATI R., MANCUSO M., MASSIOTTA P. (1986) - *Il settore Nord-Occidentale dell'Appennino settentrionale: inquadramento geologico*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 35, 11-16.
- GELATI R., MASSIOTTA P. (1974) - *Indizi geomorfologici di deformazioni neotettoniche lungo la "Linea Villalvernia - Varzi - Bobbio" (Appennino Settentrionale)*. Rend. Sc. Ist. Lombardo, III: 79-88.
- GELATI R., MASSIOTTA P., SFONDRINI G. (1978) - *Saggi di cartografia geoambientale, Carta Geologica; Carta della Geologia superficiale e dei processi geomorfici in atto; Carta Geoambientale del bacino del torrente Aronchio (Val Staffora, Pavia)*. CNR - P.F. "promozione della Qualità dell'ambiente", Roma.
- GELATI R., MASSIOTTA P., SFONDRINI G. (1979) - *I lineamenti strutturali del settore NW dell'Appennino settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It., vol. 19, pp. 437-443, Roma.
- GELATI, R. (1985) - *Risultati preliminari di ricerche sulle successioni paleogeniche e neogeniche al bordo padano della catena appenninica*. Rend. Soc. Geol. It., 8: 59-60.
- GOBETTI A., PEROTTI CR. (1990) - *Genesi e caratteristiche dell'arco strutturale di Pavia*. Atti Tic. Se. Terra, 33, 143-156.
- GUAGNINI G., GELATI R., SFONDRINI G., SOGGETTI F., VENIALE F. (1975) - *Principali dissesti franosi dell'Appennino Pavese in rapporto alla litologia e alla struttura geologica*. Estr. Conv. Mineralogia delle argille e Meccanica dei terreni. Applicazioni allo studio delle frane, Pavia.
- GUIDE GEOLOGICHE REGIONALI – *Appennino Ligure - Emiliano*. Società Geologica Italiana - 1994.
- MANCUSO M., MASSIOTTA P., SFONDRINI G. & STERLACCHINI S. (1992) - *La franosità nel bacino del Torrente Versa (PV) - Evoluzione nel tempo e nello spazio*. Convegno Internazionale "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica", pp. 431-442. Pubblicazione CNR del G.N.D.C.I. n. 1817.
- MANTELLI L., YEREESI P.L. (2000) - *Evoluzione morfostrutturale recente del Pedeappennino Vogherese – Tortonese*. Atti Tic. Se. Terra, 41, 49-58.
- MARCHETTI G., PEROTTI C.R., VERCESI P.L., BARONI C. (1980) - *Note illustrative degli elaborati cartografici presentati il 31-5-80 (F. 60 - Piacenza e 61 - Cremona p.p.) e il 31-3-1979 (F71 Voghera, F.72 Fiorenzuola d'Arda, F. 83 Rapallo e F. 84 Pontremoli p.p.)*. Estratto da: "Contributi alla realizzazione della carta neotettonica d'Italia", Pubbl. n. 356 del Progetto Finalizzato Geodinamica. pp. 915-964, Roma.
- MASSIOTTA P., SFONDRINI G. (1979) - *La cartografia geo-ambientale nell'ambito del territorio dell'Oltrepò pavese*. Geol. Appl. e Idrogeol., 14/3: 61-66.
- MEISINA C. (1996) - *Criteri e metodi per la valutazione della capacità di rigonfiamento di alcuni terreni e suoli affioranti nel territorio Pavese*. Dottorato di ricerca in Sc. Della Terra VIII ciclo 1996.
- MEISINA C., CHASSAGNEUX D., MONGE O. (2001) - *Swelling-shrinkage hazard prevention using thematic maps : some examples in the French area*. Mem. Soc. Geol. It., 56 (2001), 353-365, 9 ff., 3 tabb.
- MOUROUX P., MARGROM P., PINTÉ J.C. (1988) - *La construction économique sur sols gonflant*. Bureau de Recherches Géologique et Minières - Manuels et méthodes n. 14 , Orléans.

- PELLEGRINI L., VERCESI P.L. (2005) - *I geositi della provincia di Pavia*. Luigi Ponzio e figlio, Pavia.
- PEROTTI C.R. (1991) - *Osservazioni sull'assetto strutturale del versante padano dell'Appennino nord-occidentale*. Atti Tic. Sc. della Terra, vol. 34, (note brevi 11-22).
- PEROTTI C.R. (1995) - *Analisi strutturale dei depositi conglomeratici neogenici affioranti lungo il margine padano dell'Appennino pavese-piacentino*. Atti Tic. Sc. della Terra 1995 (Serie speciale) 3, 89-98, 6 figg.
- PHILIPPONAT G. (1991) - *Retrait gonflement des argiles, préposition de méthodologie*. Rev.Franc Géotech, 57, pp5-22
- PICCIO A., SETTI M., VENIALE F. (1990) - *Caratterizzazione mineralogico- geotecnica delle Marne di S. Agata Fossili (Appennino vogherese tortonese/PV-AL)*. Atti Conv. SIMP. Bologna.
- PICCIO S. (2003) - *Individuazione di possibili geositi nel territorio della Provincia di Pavia*. Studio nell'ambito della convenzione tra il Dipartimento di Scienze della Terra e la Provincia di Pavia, Settore Cave.
- REGIONE LOMBARDIA (1996) - *Determinazione del rischio sismico a fini urbanistici in Lombardia*. Regione Lombardia – IRRS - Milano.
- REGIONE LOMBARDIA (1998) - *Valutazione della stabilità dei versanti in condizioni statiche e dinamiche nella zona campione dell'Oltrepò Pavese*. Regione Lombardia – IRRS - Milano.
- REGIONE LOMBARDIA (1999) - *Scenari di rischio idrogeologico in condizioni dinamiche per alcuni versanti tipo dell'Oltrepò Pavese valutati tramite caratterizzazione geotecnica*. Regione Lombardia - IRRS - Milano.
- ROSSETTI R. & OTTONE C. (1979) - *Esame preliminare delle condizioni pluviometriche dell'Oltrepò Pavese e dei valori critici delle precipitazioni in relazione ai fenomeni di dissesto franoso*. Gel. Appl. e Idrogeol., vol. 14/3, pp. 83-99, Bari.
- ROSSETTI R. (1997) - *Centri abitati instabili della Provincia di Pavia. Vol.1 - Centri interessati da provvedimento di risanamento, consolidamento o trasferimento*. Pubblicazione CNR-GNDCl n°1780.
- ROSSETTI R., BONI P., MARCHETTI G., OTTONE C., PELLEGRINI L. (1997) - *Geomorphology of the Piacenza and Pavia Apennine*. In: "Guide for the excursion of IV Int. Conf. On Geomorphology, Italy 1997: Mountains, Hills and Plains in north-Western Italy. *Suppl. Geogr. Fis. Din. Quaternaria*, III, 2: 59-61, Com. Glaciol. It., Torino.
- SCAGNI G. & VERCESI P.L. (1987) - *Il Messiniano tra la valle Versa e la valle Staffora (Appennino pavese-vogherese). Considerazioni paleogeografiche*. Atti Tic. Sc. della Terra 31, 1-20.
- SFONDRINI G. (1981) - *Metodologia geologico - tecnica per la prevedibilità del rischio frana nell'Oltrepò Pavese*. Estr. Geol. Appl. e Idrogeol., Bari, v.14, 67-81.
- TROPEANO D. – GOVI M. – MORTARA G. – TURITTO O. – SORZANA P. – NEGRINI G. – ARATTANO M. (1999) - *Eventi alluvionali e frane nell'Italia Settentrionale – Periodo 1975-1981*. C.N.R. – Pubblicazione n°1927 del GNDCl.
- VERCESI P.L. & SCAGNI G. (1985) - *Osservazioni sui depositi conglomeratici dello sperone collinare di Stradella*. Rend. Soc. Geol. It., 7 (1984), 23-26, 2 ff.