

INDICE

1. PREMESSA	2
2. COROGRAFIA E INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
3. CLIMATOLOGIA.....	4
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	11
5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	15
5.1. Stato del dissesto.....	16
5.2. Assetto geomorfologico locale.....	18
6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	18
6.1 Aspetti idrografici	18
6.2. Aspetti idrogeologici.....	19
6.3. Vulnerabilità degli acquiferi.....	20
7. PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO.....	22
8. CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA E GEOTECNICA.....	27
9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO	29
9.1. Analisi sismica di I livello	30
9.2 Analisi sismica di II livello	33
9.2.1. Calcolo di Fa in aree interessate da amplificazioni morfologiche (zone Z3a e Z3b).....	34
9.2.2. Calcolo di Fa in aree interessate da amplificazioni litologiche e geometriche (zone Z4)	35
9.2.3. Determinazione dei valori di Fa - Analisi diretta di II livello - Effetti Litologici	37
9.3. Studi di III livello.....	46
9.4 Indagini ed approfondimenti in caso di costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti	46
10. VINCOLI ESISTENTI SUL TERRITORIO E CARTA DI SINTESI	47
10.1 Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile	47
10.2 Vincoli sul reticolo idrico	49
10.3. Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89 integrata con l'aggiornamento del quadro del dissesto	49
11. CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA	52
11.1 Classe III: Fattibilità con consistenti limitazioni	52
11.2 Classe IV: Fattibilità con gravi limitazioni.....	53

Tavole:

TAV. 1 – Carta geologica	(scala 1:10.000)
TAV. 2 – Carta idrogeologica	(scala 1:10.000)
TAV. 3 – Carta geomorfologica	(scala 1:10.000)
TAV. 4 – Carta PAI	(scala 1:10.000)
TAV. 5 – Carta dei vincoli	(scala 1:10.000)
TAV. 6 – Carta della pericolosità sismica locale	(scala 1:10.000)
TAV. 7a-7b – Carta di sintesi	(scala 1:5.000)
TAV. 8a-8b – Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano	(scala 1:5.000)

Allegato 1 - Indagini geologiche – sondaggi geognostici e prove penetrometriche

Allegato 2 - Scheda delle sorgenti

Allegato 3 - Schede frane

1. PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Fortunago (PV), viene redatto lo Studio Geologico del Piano di Governo del Territorio (PGT), ai sensi della D.G.R. Lomb. n. IX/2616 del 30/11/2011 (Aggiornamento dei *"Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art.57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005 n.12"*).

La redazione della presente relazione ha preso avvio dalla disamina e dalla raccolta di dati d'archivio messi a disposizione direttamente dal Comune di Fortunago e dalla successiva verifica su terreno, tramite sopralluoghi, dell'affidabilità dei dati acquisiti.

Al termine dei suddetti interventi è stata predisposta la presente Relazione Geologica comprensiva degli elaborati cartografici. Tutto lo studio è stato eseguito in conformità a quanto previsto dalla vigente normativa nazionale e regionale:

D.M. 14/01/2008 – *"Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"*

D.G.R. n. 5/36147 del 8 Maggio 1993 – *"Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale"*.

L.R. 12/2005 – *"Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio"*.

D.G.R. n. 7/6645 del 29/10/2001 approvazione e direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi dell'art 3 della L.R. 41/97).

D.G.R. 22 Dicembre 2005 n. 8/1566, come modificata dalla D.G.R. Lomb. n. IX/2616 del 30/11/2011- *"Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio"* in attuazione dell'art. 57 della L.R. N. 12 dell'11 Marzo 2005.

In base alle normative sopra citate lo studio geologico si propone di fornire un utile strumento conoscitivo delle problematiche del territorio comunale dal punto di vista geologico, idrogeologico e sismico, indispensabile per l'individuazione delle reali potenzialità e delle vocazioni del territorio stesso, con particolare riferimento alla prevenzione del rischio ed alla tutela dell'ambiente.

L'analisi è stata sviluppata prendendo principalmente in considerazione i seguenti parametri: geologia, litologia, stratigrafia, geomorfologia, idrografia, idrogeologia e geotecnica.

Per quanto riguarda le modalità esecutive, il programma di lavoro è stato articolato attraverso distinte fasi di intervento:

Fase 1 (Fase di analisi)- reperimento dei dati geologici e geotecnici d'archivio riguardanti il comprensorio comunale, nonché di un intorno significativo dello stesso. L'acquisizione di tali informazioni è stata svolta grazie ad una sistematica e particolareggiata ricerca a carattere bibliografico, di pubblicazioni tecnico-scientifiche, e mediante consultazione di documenti ottenuti presso fonti istituzionali a livello comunale e provinciale (P.T.C.P. di Pavia; 2003), o cortesemente messi a disposizione da studi professionali privati. Tale fase è stata inoltre supportata da attività svolte direttamente "sul terreno". E' stata condotta, in particolare, una verifica *in situ*, a carattere puntuale, dei dati raccolti durante la prima fase, eseguendo esami e rilevamenti diretti delle condizioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche del territorio comunale, finalizzati alla realizzazione degli elaborati cartografici;

Al termine di questa prima fase di analisi, utilizzando i dati acquisiti, sono state elaborate le carte di inquadramento del territorio in scala 1:10000 e riferite ai diversi tematismi geologico, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici e sismici. Sono state così prodotte le seguenti tavole: Carta Geologica (Tav. 1), Carta Idrogeologica (Tav. 2), Carta geomorfologica (Tav. 3), Carta della Pericolosità Sismica Locale (Tav. 6), Carta del dissesto con legenda uniformata PAI (Tav. 4).

Fase 2 (Fase di sintesi/valutazione) – Verifica di tutti i vincoli di natura geologica e ambientale esistenti sul territorio e quindi elaborazione della Carta dei Vincoli in scala 1:10.000 (Tav. 5) dalla quale è possibile desumere le limitazioni d'uso del territorio derivanti dall'applicazione di normative, regolamenti e piani sovraordinati in vigore. A seguire la redazione della Carta di Sintesi (Tav. 7a-7b) tramite la valutazione di tutti i dati acquisiti compreso l'analisi dei vincoli normativi esistenti, e conseguente identificazione, nell'ambito del territorio comunale, di porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica ed idrogeologica omogenee.

Fase 3 (Fase di proposta)– Assegnazione delle classi di fattibilità geologica per le azioni di piano tramite la definizione della zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità e rischio geologico, idrogeologico e sismico. Tale fase si è conclusa con l'elaborazione della Carta di Fattibilità Geologica (Tav.8a-8b) e con la stesura della Relazione Illustrativa generale comprendente le Norme Geologiche di Piano.

2. COROGRAFIA E INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il comune di Fortunago è situato nella porzione meridionale della Lombardia, in quel settore noto come Oltrepo Pavese, sulle colline che dividono le valli del Torrente Coppa e del Torrente Ardivestra; solo la porzione settentrionale interessa il bacino del T. Schizzola che ne delimita il confine nord.

Esso confina coi comuni di Borgoratto Mormorolo a nord-est, Ruino ad est, Val di Nizza a sud, Montesegale ad ovest-sudovest e Borgo Priolo a nord-ovest, ed è situato a circa 30 Km dal capoluogo di provincia (Pavia).

Il territorio comunale, che ha un'estensione complessiva di circa 18 Km², comprende numerose frazioni: Cappelletta, Colombara, Costa Cavalieri, Costa Galeazzi, Gravanago, Molino della Signora, Sant'Eusebio, Scagni.

Oggi la parte storica del centro comunale splendidamente conservata, grazie ai continui ed attenti interventi di ristrutturazione e manutenzione, ha portato Fortunago a far parte del club de *I borghi più belli d'Italia*.

Il territorio comunale cartograficamente risulta compreso nella Sezioni B8b5 - B8b4 e B8c5 FORTUNAGO - della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000.

Nel complesso il territorio in esame è caratterizzato da una morfologia prevalentemente collinare le cui quote si aggirano in media intorno ai 300 m s.l.m., raggiungono al massimo i 570 m s.l.m. di M. Pessina.

3. CLIMATOLOGIA

Il clima che caratterizza il comprensorio comunale è quello tipico dell'Oltrepò Pavese assimilabile ad un clima continentale caratterizzato da inverni rigidi ed estati calde, in quanto risente poco dell'influenza mitigatrice del mare a causa della presenza dei rilievi appenninici. Al periodo di freddo secco di gennaio-marzo segue una primavera mediamente piovosa che passa da un clima freddo-umido ad un clima caldo-umido e, quindi un'estate caldo-secca caratterizzata da temperature medie dell'aria piuttosto elevate. Con l'arrivo dell'autunno si assiste ad un comportamento differente mese per mese: si passa da un settembre a clima caldo-secco ad un ottobre con clima generalmente caldo e precipitazioni frequenti che raggiungono il loro valore massimo medio mensile in novembre; in dicembre le temperature si abbassano e permangono precipitazioni di media intensità.

E' il fiume Po a tracciare una netta differenziazione tra il clima della parte settentrionale della regione e quello dell'Oltrepo: è in particolare evidente l'inversione dei minimi di pioggia che, a sud del Po, si verificano in estate, mentre nel resto della Lombardia si verificano durante l'inverno.

Rifacendosi alla classificazione climatica di Pinna (1970), le zone di pianura e di collina dell'Oltrepo Pavese rientrano sotto l'influenza del clima temperato sub-continentale, mentre il clima della zona

montana risulta di tipo fresco; ne consegue che, in relazione alla morfologia del territorio, l'area in esame è caratterizzata da condizioni di notevole variabilità tra la fascia di pianura (settore settentrionale) e quella di collina (settore meridionale). La temperatura dell'aria presenta, in questo territorio, una elevata variabilità spaziale in gran parte legata agli effetti topoclimatici connessi alla presenza dei rilievi.

Il mese mediamente più freddo è gennaio mentre quello più caldo luglio, con un tipico effetto di sfasamento rispetto ai minimi e massimi di radiazione solare.

Grazie ai dati storici inerenti alla stazione di Voghera, si è osservato che i valori medi di temperatura, registrati in un periodo esteso dal 1921 al 1978, mostrano valori medi annui di 12,4°C come riportato, in dettaglio nella figura 3.1.

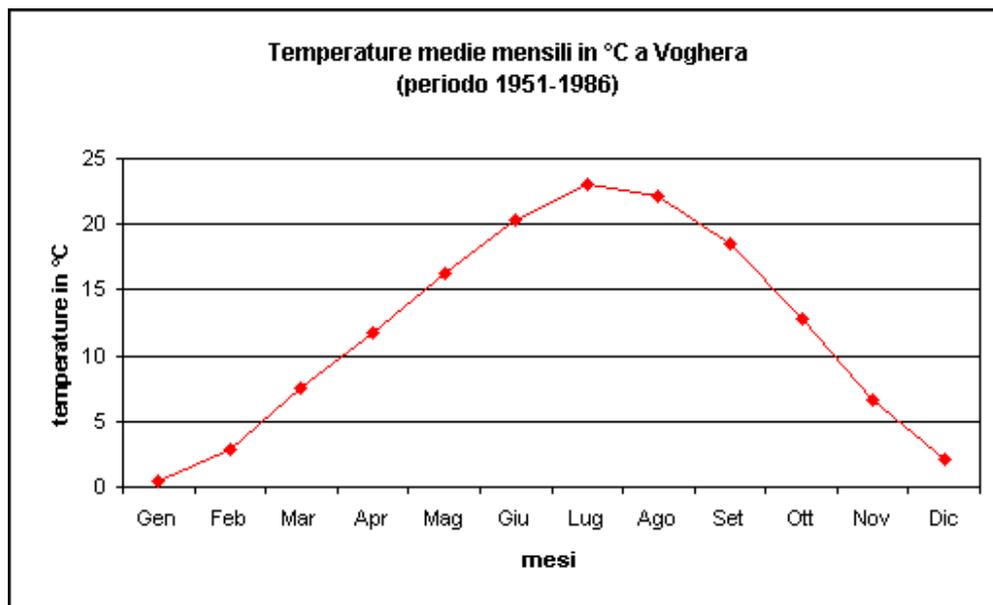


Fig. 3.1 - Temperature medie mensili in °C a Voghera (1951-1986)

Sono stati inoltre scaricati dall' *Archivio Dati Meteorologici* di A.R.P.A. Lombardia i dati delle temperature medie giornaliere misurate dalla Stazione di Fortunago, inerenti al periodo agosto 2011 - agosto 2012 (Fig. 3.2).

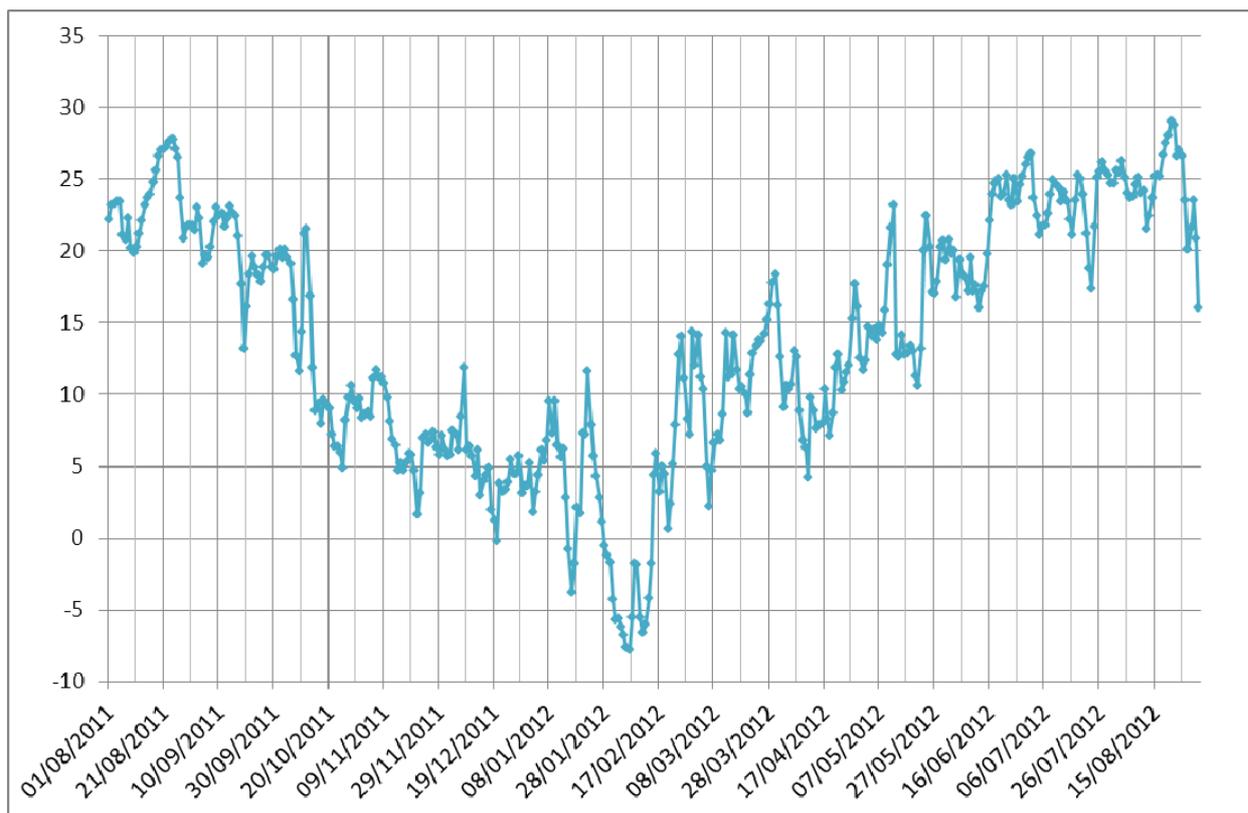


Fig. 3.2 – Temperature medie giornaliere del periodo agosto 2011-agosto 2012

Si osserva che, conformemente a quanto avvenuto negli ultimi anni, il clima si è fatto via via più freddo nei periodi invernali, con medie giornaliere sotto lo zero termico e con estati più calde.

Dal grafico si evince che l'oscillazione termica nel periodo di analisi è stata di 36,8°, con un minimo giornaliero registrato di -7,8° (6 febbraio 2012) ed un massimo giornaliero di 29° (21 agosto 2012).

Attraverso la carta dei regimi pluviometrici (fig. 3.3) si osserva che durante l'anno due sono i momenti in cui le precipitazioni sono quantitativamente più abbondanti: il picco principale si verifica in novembre, durante l'autunno, mentre quello secondario in maggio, nella stagione primaverile; i minimi si registrano invece nei mesi di gennaio e luglio. E' stato stimato, dagli autori, che la quantità media di pioggia del mese più piovoso dell'anno risulta circa 2,56 volte quella del mese più asciutto. Analizzando i valori delle precipitazioni annue si osserva, inoltre, che i valori minori corrispondono alle zone di pianura mentre quelli maggiori alle zone montane.

Nella carta di Fig. 3.2 si nota una diminuzione progressiva delle precipitazioni da est verso ovest che indica l'approssimarsi dei minimi precipitativi dell'alessandrino. La distribuzione media delle precipitazioni nel corso dell'anno è caratterizzata da un massimo nel mese di novembre ed un minimo nel mese di luglio; in media il mese più piovoso nella stagione primaverile risulta essere maggio (Rossetti e Ottone, 1979).

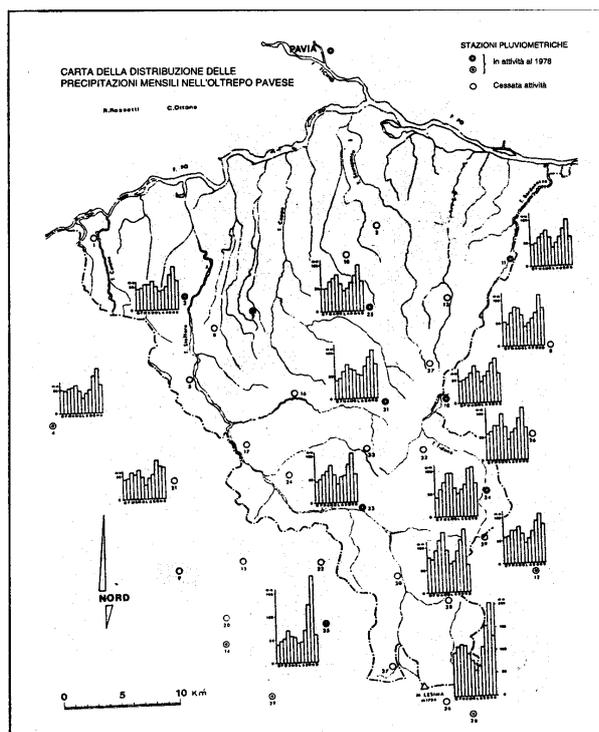


Fig. 3.3 - Carta dei regimi pluviometrici nell'Oltrepò pavese (Rossetti & Ottone, 1979)

Come si può osservare infatti, i regimi pluviometrici subiscono un sensibile aumento passando dalla zona di pianura alla zona collinare. E' possibile infatti notare un gradiente di pioggia di 40 mm ogni 100 m di quota fino ai 600 m di altitudine cui fa seguito un incremento di 5 mm ogni 100 m tra 600 e 800 m di altitudine; dopo quest'ultima variazione, fortemente ridotta, si ha una netta ripresa con un gradiente superiore ai 100 mm di pioggia per 100 m di quota.

Uno studio condotto a scala regionale dall'Ersaf utilizzando le serie storiche del Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici evidenzia come l'area lombarda situata a valle della catena alpina sia in grado di estrarre grandi quantità di umidità dalla circolazione generale originando una piovosità abbondante e relativamente ben distribuita nel corso dell'anno (Mariani et al., 2001). Limitatamente alla zona di nostro interesse, l'Oltrepò Pavese, è possibile osservare nel dettaglio come si distribuiscono in media le precipitazioni in questa zona (fig. 3.4):

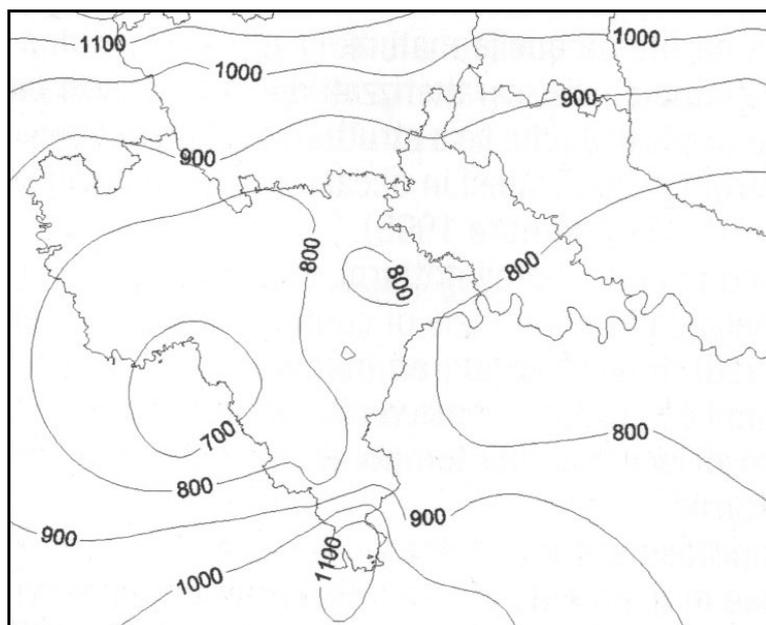


Fig. 3.4 - Precipitazioni medie annue in mm (1921-1970). Elaborazioni Ersaf su dati del Servizio Idrografico

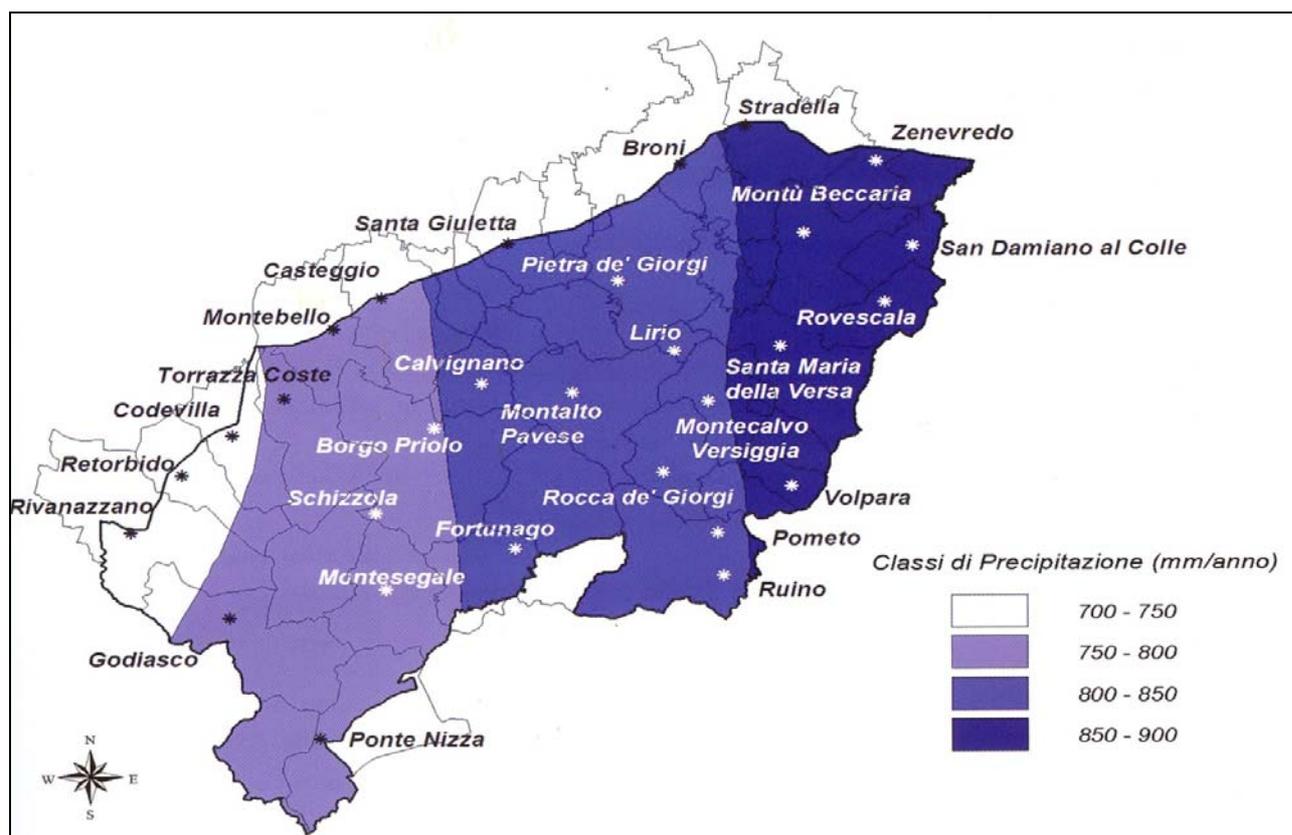


Fig. 3.5 - Carta delle precipitazioni medie annue in mm/anno in Oltrepò Pavese (Mariani & Minelli, 2008).

Osservando la mappa delle precipitazioni medie annue (di cui alle fig. 3.4 e 3.5) si evidenzia come in particolare i valori più elevati di pioggia si manifestino dove l'Appennino raggiunge le maggiori altitudini. In particolare emerge, che la zona di pianura dell'Oltrepò Pavese è caratterizzata da valori di precipitazioni

in media di 800 mm/anno, mentre andando verso Sud i valori aumentano, fino ai 900-1100 mm/anno (Fig. 3.4 e Fig.3.5).

Osservando la fig. 3.6, nella quale vengono rappresentati i dati riferiti alle precipitazioni registrate nella stazione di Voghera, si rileva il loro trend dagli anni 60 fino al 2000 (dati dell'Istituto Tecnico Agrario Statale "Pietro Gallini" di Voghera).

Si nota, in particolare, che i valori massimi registrati corrispondono agli anni 1977, 1984, 1994 e al 1996, mentre gli anni meno piovosi sono risultati il 1989 e il 1998.

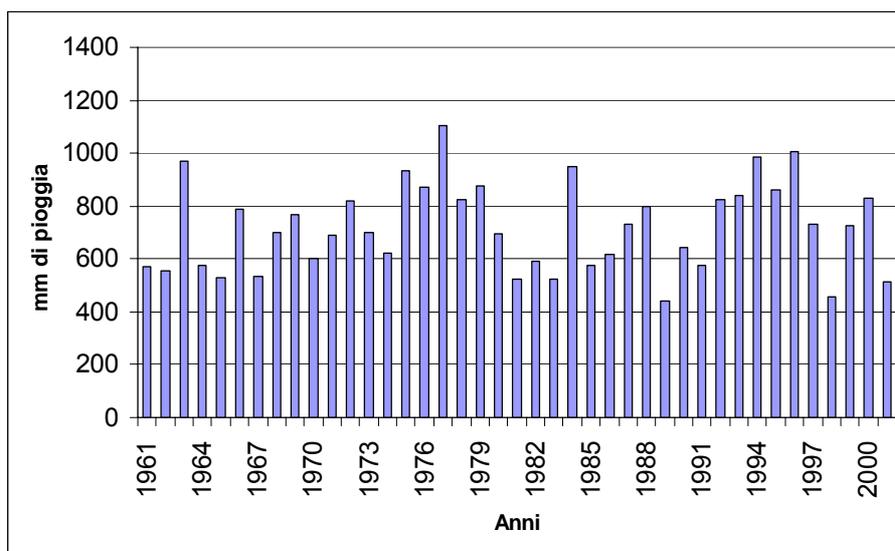


Fig. 3.6 - Precipitazioni a Voghera nel periodo 1961-2001.

Nella fig. 3.7 sono invece riportate le precipitazioni medie mensili registrate a Voghera nel periodo 1950 - 1986 (Mariani et al., 2001).

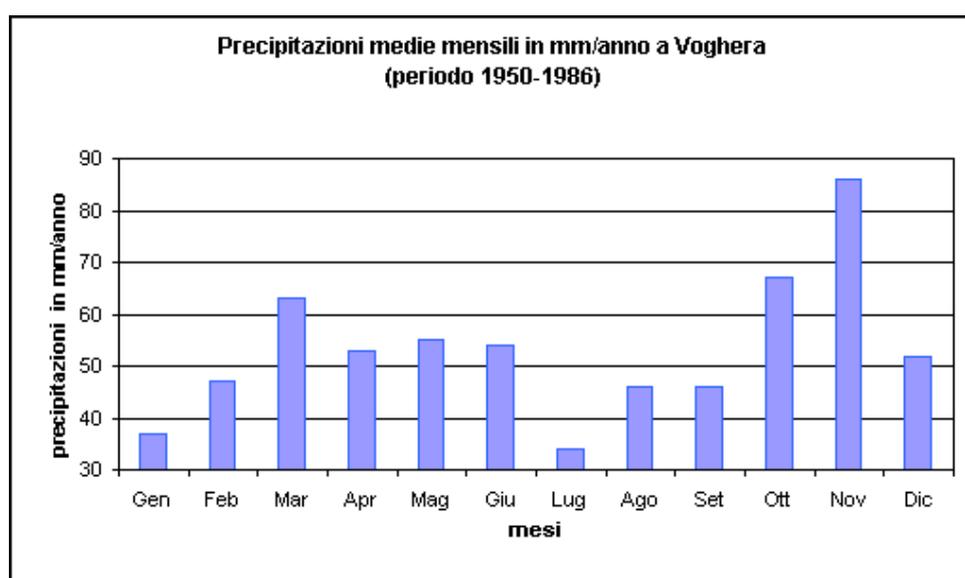


Fig. 3.7 - Precipitazioni medie mensili a Voghera nel periodo 1950-1986.

Tale grafico conferma quanto evidenziato in precedenza riguardo ai massimi e ai minimi di precipitazione annui.

Si è ritenuto opportuno avere, orientativamente, una visione più recente della distribuzione delle piogge, pertanto, nel grafico di fig. 3.8, si riporta l'andamento delle precipitazioni medie giornaliere relative al periodo agosto 2011 - agosto 2012, scaricate dall' *Archivio Dati Meteorologici* di A.R.P.A. Lombardia, per la stazione pluviometrica di Fortunago.

Anche in tal caso si osserva lo stesso andamento riguardo ai massimi e ai minimi annui.

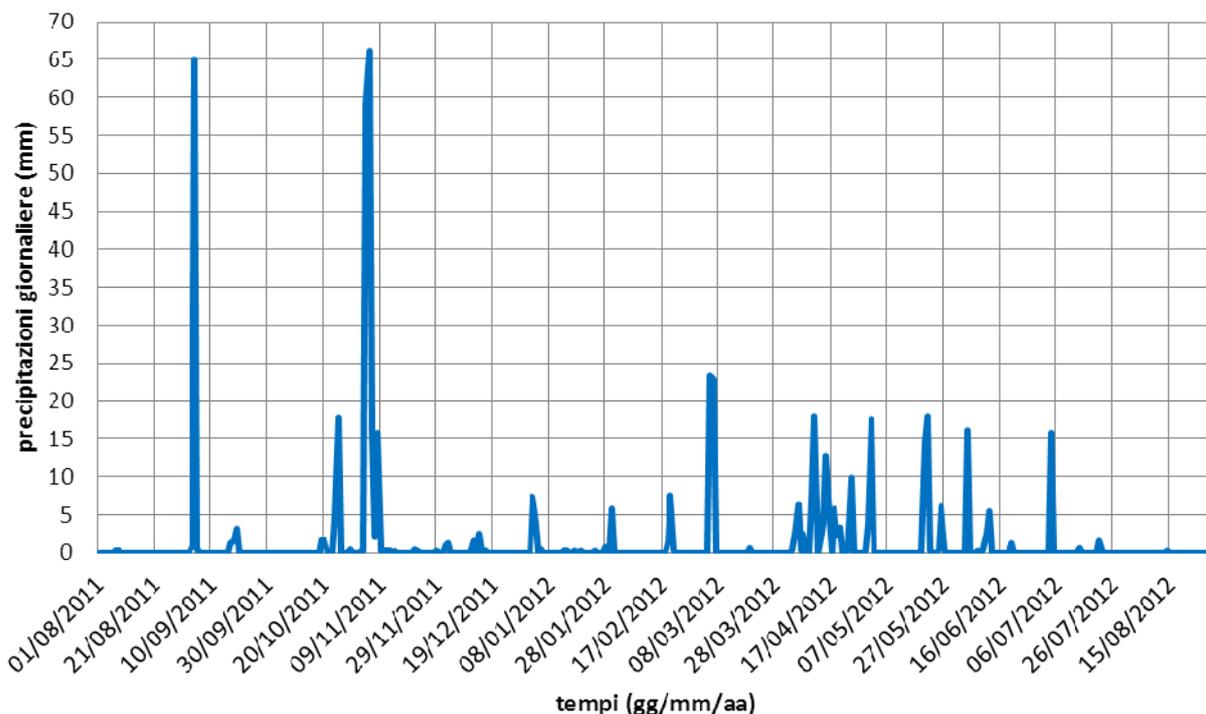


Fig. 3.8 - Precipitazioni medie giornaliere del periodo agosto 2011-agosto 2012

Infine per quanto riguarda la nevosità è variabile a seconda dell'altitudine e si manifesta tra novembre e maggio in montagna e generalmente tra dicembre e febbraio nelle zone collinari e di pianura. La climatologia indica che la pianura lombarda riceve in media dai 20 ai 50 cm di neve l'anno, mentre sull'Appennino cadono in media dai 50 ai 100 cm di neve. Nelle zone appenniniche più elevate si registrano punte di 3 metri di neve l'anno (Mariani et al., 2001).

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il settore in esame risulta compreso nelle Sezioni B8b5 - B8b4 e B8c5 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 e geologicamente appartiene al Foglio n. 71 "Voghera" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000.

Gli aspetti geologici e geomorfologici principali del comune sono riportati in Tavola 1-3, che è stata redatta partendo dalla Carta Geologica d'Italia (foglio 71 - Voghera, scala 1:100.000) dopo di che si è proceduto a sopralluoghi su terreno e all'esame foto-interpretativo dell'area. L'obiettivo è stato quello di analizzare le caratteristiche litologiche delle singole unità affioranti ed verificare le condizioni giaciture di queste, nonché ad individuare gli affioramenti maggiormente rappresentativi che sono stati riportati nella carta.

Nel complesso dal punto di vista strutturale, l'area appenninica, in cui si colloca anche il territorio in esame, è caratterizzata da unità tettoniche sovrapposte la cui vergenza segue la conformazione di questa porzione dell'arco montuoso e varia da NW a N procedendo da W verso E.

L'appilamento delle unità tettoniche si è sviluppato a partire dall'Eocene medio - superiore strutturandosi definitivamente nel Miocene in due principali momenti (fasi burdigaliana eortoniana); successivamente è proseguito nel Messiniano e nel Pliocene medio-superiore perdurando, con intensità decrescente, nell'intervallo di tempo compreso tra il Pliocene superiore ed il Quaternario.

Le superfici traslative sono accompagnate da frequenti strutture plicative che, con dimensione variabile, interessano le formazioni presenti; la vergenza delle pieghe rispecchia il generale senso di trasporto delle falde tettoniche.

Le deformazioni fragili più evidenti sono congruenti con l'assetto strutturale generale e si compendiano in numerose zone di taglio corrispondenti a singole superfici, faglie e sovrascorrimenti o fasce di deformazione, che si dispongono in senso appenninico (NW-SE) o antiappenninico (SW-NE); a queste sono associate fasce di territorio intensamente fratturate e tettonizzate (rughe) ove affiorano materiali a prevalente composizione argillosa ed assetto più o meno scompaginato e caoticizzato (Complesso Caotico Pluriformazionale, Complesso Indifferenziato).

L'area del pedeappennino vogherese corrisponde ad un settore interessato da deformazioni significative, sia di tipo duttile (pieghe) che fragile (faglie e rughe quasi sempre di importanza regionale), poste, per lo più, trasversalmente alle pieghe.

Al primo tipo di deformazioni corrispondono blande strutture anticlinali e sinclinali a direzione antiappenninica (NE-SO), ben evidenti nel settore in destra idrografica del T. Staffora (zona di Madonna del Monte - M. Lupo - Gomo) e nel settore compreso tra la valle Ardivestra e l'allineamento M. Lumello - M. Calcinera.

In particolare, nella zona a N del T. Ardivestra, si riconoscono, in successione, un'anticlinale ed una sinclinale; la prima piega, esterna all'area del territorio comunale, presenta il nucleo impostato nelle marne mioceniche (Marne di M. Lumello) dislocato tettonicamente dalla "ruga di Buscofà" in corrispondenza della quale affiorano i terreni del Complesso Caotico Auct.

Queste deformazioni plicative non trovano continuità in sinistra del T. Staffora poiché la struttura geologica anzi descritta risulta condizionata dalla presenza di una faglia sepolta (faglia verticale già segnalata dall'Agip) posizionata in corrispondenza del fondovalle del torrente Staffora.

Tale dislocazione presenta direzione NNW-SSE ed è conosciuta in letteratura come la "faglia dello Staffora" (Gandolfi, 1948); essa ha comportato l'innalzamento dei settori a NE (destra idrografica) della valle rispetto a quelli posti in sinistra idrografica, sollevando, di conseguenza, i terreni geologicamente più antichi i quali oggi affiorano a quote altimetricamente più elevate rispetto alle aree di affioramento poste in sinistra Staffora.

La discontinuità tra i due versanti non è comunque netta, poiché localmente, in sinistra del T. Staffora (presso l'abitato di Monteaifeo e lungo l'alveo del corso d'acqua in prossimità di tale località) si osservano lembi sporadici di marne mioceniche (Marne di M. Lumello) verosimilmente in continuità con quelle affioranti in destra idrografica.

Immediatamente a SE dell'anticlinale di Buscofà si riconosce una struttura sinclinalica al cui nucleo (all'incirca in corrispondenza di Gomo) affiorano i terreni pliocenici dei Conglomerati di Cassano Spinola Auct., poggianti in discordanza e con assetto all'incirca monoclinale, sulla Formazione gessoso-solfifera (Messiniano Auct.), localmente affiorante, e sulle sottostanti Marne di M. Lumello.

Nel settore a S del T. Ardivestra, si individua una seconda anticlinale, ad andamento all'incirca parallelo a quello delle precedenti pieghe, anch'essa fagliata al nucleo, in corrispondenza della quale affiorano, ancora una volta, i terreni del Complesso Caotico in contatto tettonico con le formazioni presenti lungo i fianchi della piega (Arenarie di Ranzano, Marne di Antognola, Marne di m. Lumello).

Questa struttura si raccorda a S con una nuova piega sinclinalica relativamente indisturbata al cui nucleo giacciono le Marne di M. Lumello mentre i fianchi sono impostati nella successione Monte Piano-Ranzano-Antognola.

Più blande dislocazioni tettoniche si sarebbero realizzate in epoca post-orogena (Quaternario), ad esse sono imputabili deformazioni a scala locale e il generalizzato sollevamento del margine appenninico e pedeappenninico cui hanno fatto seguito i processi morfogenetici tuttora in atto (ringiovanimento del rilievo).

Di seguito, in ordine cronologico inverso (dalle più recenti alle più antiche), vengono descritte le singole formazioni geologiche cartografate nel territorio comunale.

DEPOSITI QUATERNARI

Depositi alluvionali attuali dei principali corsi d'acqua T. Schizzala e T. Ardivestra (Olocene sup.).

Si tratta di sedimenti di origine torrentizia derivanti dalla attività deposizionale dei principali corsi d'acqua, nel nostro caso del T. Ardivestra. Costituiscono gli alvei attivi ed i ripiani sopraelevati mediamente di 1,0-2,0 metri rispetto a questi ultimi, ricoprendo, con leggera discordanza, il substrato marino mio-pliocenico che ne è alla base; localmente tali depositi sono fissati dalla vegetazione e sono tuttora inondabili nel corso di piene straordinarie ed eccezionali. Dal punto di vista litologico si tratta in prevalenza di ghiaie poligeniche ed eterometriche con locali intercalazioni sabbioso-limose. I caratteri litologici delle coltri

alluvionali sono stati osservati direttamente in superficie e fino a 3-4 metri dal piano campagna in corrispondenza degli spaccati naturali o artificiali; per la caratterizzazione litologica a maggior profondità, ove possibile, si è tenuto conto dei dati litostratigrafici raccolti riferiti a sondaggi geognostici eseguiti in zona. Per la correlazione delle singole coltri alluvionali si è inoltre considerato il diverso grado di alterazione dei suoli ad esse riferito.

Depositi alluvionali del Fluviale Recente (*Pleistocene sup. Auct.*).

Costituiscono il ripiano alluvionale sopraelevato di circa 6,0-10,0 m rispetto agli alvei attivi dei corsi d'acqua principali (T.Ardivestra) e delimitato verso i sottostanti depositi attuali da scarpate di altezza compresa tra 6,0 e 8,0 m. Litologicamente si tratta di prevalenti ghiaie eterometriche e poligeniche con modesta alterazione superficiale, immerse in abbondante matrice sabbioso-limosa e con locali intercalazioni limoso-argillose.

Generalmente è presente a tetto una coltre di copertura limosa e/o limoso-argillosa (depositi di stanca).

SUBSTRATO ROCCIOSO PRE-QUATERNARIO

Arenarie di Serravalle (*Serravalliano*).

Si tratta di Arenarie grigio-giallastre, più molassiche e marnose e più fossilifere verso il basso; alla sommità locali presenza di masse calcareo-marnose a lucine. Tale formazione si estende nel Serravalliano (Miocene) e ha solitamente potenza ed estensione limitata. Geometricamente e stratigraficamente le Arenarie di Serravalle sormontano le Marne di Monte Lumello.

Le Arenarie di Serravalle affiorano limitatamente ad un settore centro settentrionale del territorio comunale comprendente il M. Pessina e l'abitato di Fortunago (Tav. 1).

Arenarie di Ranzano (*Oligocene sup.-Eocene sup.*).

Conglomerati, arenarie e sabbie più o meno cementate, marne sabbiose e loro alternanze, in rapporti verticali e laterali vari. La formazione si estende dall'Eocene superiore all'Oligocene superiore, con potenza molto variabile in relazione alla natura litologica dei sedimenti; è tuttavia spesso elevata, dell'ordine di diverse centinaia di metri.

Nella bassa Valle Ardivestra le Arenarie di Ranzano passano, verso l'alto, piuttosto repentinamente, alle Marne di M. Lumello; in letteratura tale passaggio viene interpretato come una originale discontinuità stratigrafica cui si sarebbero sovrapposti successivamente gli effetti di fasi tettoniche.

Di natura paleosamente tettonica è invece la sovrapposizione del Complesso Caotico Pluriformazionale sulle stesse Arenarie di Ranzano; lateralmente inoltre, si osservano di frequente passaggi piuttosto bruschi alle sottostanti Marne di M. Piano o alle Marne di Antognola.

La formazione si estende per buona parte del settore occidentale e meridionale del territorio comunale comprendendo anche le frazioni di Cappelletta, Gravanago, parte di Sant'Eusebio e M.te Chiaro (Tav. 1).

Complesso Indifferenziato Auct.

E' costituito da una matrice argillosa, spesso variegata, di colore grigio scuro, rosso vinata e verdastra, a volte nerastra, molto plastica e tettonizzata nella quale sono talora inglobati brandelli di strati più

competenti come calcari, calcari marnosi e marne, arenarie micacee, argille varicolori, calcari a calpionelle; nell'ambito di tale complesso, sottostante alle Arenarie di Ranzano, non è possibile riconoscere serie stratigrafiche definite. La sua origine è sicuramente pluriformazionale in quanto ingloba al suo interno lembi di formazioni diverse venute a contatto in seguito ad eventi tettonici; data la complessa origine tettonica non viene ad essa attribuita un'età; in letteratura questi litotipi vengono per lo più ascritti ai Calcari di Zebedassi e alle Marne di M. Piano.

Le aree impostate in tali terreni presentano generalmente morfologia blanda e rivelano sul suolo agrario una mescolanza di materiale argilloso con altro calcareo o arenaceo.

Affiora solo in una minima porzione di territorio ubicata lungo il confine nord-ovest del comune, a nord della frazione di Gravanago (Tav. 1).

Marne di Monte Piano (*Eocene sup.-Eocene inf.?*).

Argille varicolori, con rari straterelli calcareo-organogeni a foraminiferi e septarie alla base, marne e marne argillose grigie. Tale formazione è molto frequente a letto delle Arenarie di Ranzano (con le quali hanno un contatto eteropico), mentre a letto delle Marne si hanno i Calcari di Zebedassi o la Formazione della Val Luretta. La formazione ha uno spessore non sempre individuabile, varia da una località all'altra; non supera comunque in generale i 100 metri, e si estende nell'Eocene superiore (forse anche inferiore).

Le marne di M. Piano affiorano lungo una sorta di fascia con direzione SW-NE nel settore occidentale (da Colombara sino alle pendici di M.Pesisna e oltre l'abitato di Fortunago), e nel settore meridionale al di sopra della frazione di Cappelletta.

Calcari di Zebedassi (*Paleocene-Turoniano*).

Alternanze di marne argilloso-siltose e argille con straterelli arenacei e calcarei; nella parte inferiore, marne in banchi, alternate a strati di calcare marnoso e di arenaria, che si estendono dal Turoniano (Cretacico)-Paleocene.

Il letto della formazione è costituito dalle Arenarie di Scabiazza, mentre al tetto si trovano le Marne di Monte Piano. Le condizioni di giacitura non sono tali da permettere una sicura valutazione della potenza della formazione, con una stima grossolana si può ipotizzare dell'ordine di qualche centinaio di metri.

La formazione affiorano estesamente nel settore orientale, comprendendo le frazioni di Costa Cavalieri e Costa Galeazzi e ancora più ad est a Scagni .

Calcari di Monte Cassio (*Paleocene?-Turoniano*).

Sono costituiti da Regolari alternanze di strati calcareo-marnosi, calcarenitici e arenacei e di straterelli marno-argillosi; localmente alla sommità, aumentano la potenza e la frequenza delle marne argillose. La formazione presenta spessori attorno ai 900 m, ma non si può escludere che la potenza reale della formazione possa essere anche maggiore, in quanto, nella quasi totalità dei casi, le serie appaiono troncate verso l'alto.

I Calcari di Monte Cassio si estendono nella porzione nord-est del comprensorio comunale sino al confine comunale.

Complesso Caotico Auct.

E' un complesso di presumibile origine tettonica, generalmente individuabile in corrispondenza di nuclei anticlinali laminati e scompaginati dalle dislocazioni tettoniche, avente composizione prevalentemente argillosa: in esso si riconoscono lembi e strati ad assetto caoticizzato appartenenti a litotipi differenti (marne, calcari, argille varicolori, diaspri, ecc..) che, in letteratura, vengono ascritti ad unità litostratigrafiche diverse.

I terreni del Complesso Caotico affiorano nel settore orientale sul confine comunale settentrionale .

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La morfologia del territorio è il risultato di un intenso modellamento del paesaggio dovuta all'azione di fattori endogeni ed esogeni.

A grande scala il fattore che più di altri ha contribuito all'evoluzione morfologica del territorio dell'Oltrepò Pavese è stato quello endogeno della tettonica. Infatti in quest'area, dopo l'istaurarsi, durante il Miocene superiore, dei principali contatti tra i fronti delle Falde Liguri (strutture alloctone), le sequenze Oligo-mioceniche e le unità strutturali autoctone dell'Appennino, si sono verificati fenomeni di sollevamento regionale con conseguente innesco e ripresa di deformazioni rigide, ovvero creazione di faglie e fratture a componente verticale dominante (Ferrero, 2000).

A seguito di un progressivo sollevamento tettonico di tutta la zona, fenomeno in atto dal Miocene (Braga et altri 1985); è seguito il ringiovanimento del rilievo e dell'idrografia, con la ripresa dei processi erosivi e l'arretramento delle testate dei corsi d'acqua (Lazzarini 1992).

Tra i fattori esogeni sicuramente di maggior effetto è il clima, e nello specifico l'azione delle acque meteoriche, che tramite il rapido ruscellamento porta alla mobilitazione o rimobilizzazione delle coltri superficiali del terreno, mentre tramite le piogge prolungate favorisce l'infiltrazione delle acque in profondità, provocando spesso l'attivazione di nuove frane (colate di fango) o la riattivazione di paleofrane. A contribuire all'attivazione dei fenomeni suddetti è la presenza di fattori geologici predisponenti il dissesto, come ad esempio il contatto o alternanza tra successioni litologiche.

Dati bibliografici (*Studio Aquater, 1986*) hanno evidenziato tra le cause principali dei fenomeni di dissesto idrogeologico dell'Oltrepò Pavese, quelle di natura antropica, quali ad esempio le variazioni nei metodi di conduzione dell'agricoltura (meccanizzazione agricola, tipologia colturale) e il locale abbandono di superfici coltivate, l'urbanizzazione eccessiva senza i necessari accorgimenti per la salvaguardia dal rischio idrogeologico.

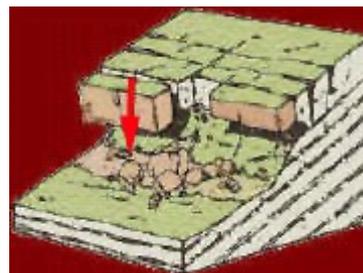
5.1. Stato del dissesto

La porzione collinare del territorio di Fortunago è morfologicamente caratterizzata dalla diffusa presenza di numerosi fenomeni franosi, cartografati in Tav. 3 “Carta geomorfologica”. La valutazione dello stato del dissesto franoso sul territorio rappresentato in tale carta è stata effettuata a partire dal censimento delle frane effettuato dal progetto IFFI 2011 riportato e scaricabile dal Geoportale della Regione Lombardia e dalla successiva verifica su terreno da parte dello scrivente nel periodo 2011- 2013, andando così ad aggiornare e sostituire la situazione del dissesto presentata nel 1992 nello Studio Geologico del PRG precedente al presente.

E quindi è stato inoltre effettuato un opportuno confronto tra la situazione di dissesto evidenziata sul territorio e la cartografia del PAI (Elaborato 2 Allegato 4 dell'*Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici del PAI - Foglio 178, Sezione I – Montalto Pavese e Foglio 178, Sezione IV - Voghera*) dal quale si evince che la situazione del dissesto, rispetto a quella riportata nel PAI è attualmente molto più complessa e diffusa nel comprensorio comunale.

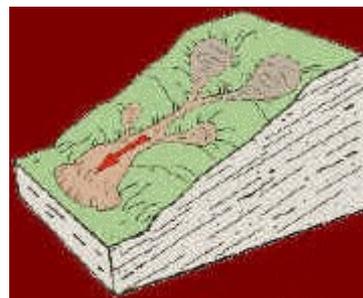
Nel territorio comunale sono state individuate le seguenti tipologie di fenomeni franosi, definiti secondo la classificazione di Varnes (1978):

- ❖ Frane di crollo. Si tratta di movimenti rapidi coinvolgenti rocce lapidee che si staccano, in caduta libera sotto l'effetto della forza di gravità da una superficie molto inclinata o a strapiombo.



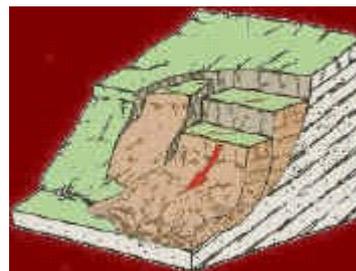
- ❖ Colate. Si tratta movimenti superficiali o profondi che coinvolgono sia masse rocciose che terreni sciolti, con spostamenti assimilabili a quelli dei liquidi viscosi.

Le frane di tale tipologia individuate nel territorio comunale, sono state classificate in funzione della velocità di movimento come frane *lente*, ovvero, secondo la classificazione di Cruden & Varnes (1996), quando il corpo di frana compie movimento dell'ordine di 1,6 m anno.

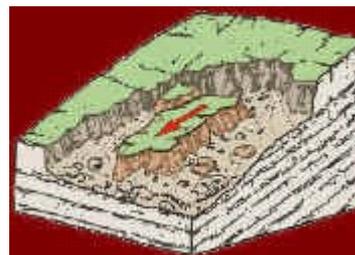


- ❖ Scivolamenti. Si tratta di movimenti che implicano spostamenti di materiali generati da un taglio lungo una o più superfici; lo scivolamento può essere di tipo rotazionale o traslazionale:

- rotazionale, quando il movimento avviene con un momento rotatorio attorno a un punto posto sopra il centro di gravità della massa spostata e lo spostamento disegna una superficie di rottura arcuata concava verso l'alto.



- traslazionale, quando il movimento coinvolge pacchi di roccia che scivolano su una superficie piana resa più plastica dalla diminuzione del coefficiente di attrito.



In funzione dello stile di attività, ovvero come i diversi meccanismi di movimento contribuiscono alla frana, si individuano nel comprensorio comunale delle frane Complesse ovvero movimenti caratterizzati dalla combinazione, in sequenza temporale, di due o più tipi di movimento (crollo, ribaltamento, scivolamento, espansione, colamento). Gli scivolamenti sono pertanto movimenti di tipo complesso che tendono, il più delle volte, specie su litologie prettamente argillose, ad evolvere, nel movimento verso valle, in colate di materiale argilloso misto a frammenti rocciosi; frequentemente nella zona di nicchia i movimenti sono di tipo rotazionale e diventano movimenti traslativi nella parte mediana, evolventi in colate verso il fondovalle.

I sopralluoghi esplorativi e di verifica effettuati su terreno hanno consentito di individuare anche aree soggette a fenomeni di franosità superficiale diffusa. Tale movimentazione si verifica nelle aree di affioramento del substrato, a prevalente componente argillosa, spesso anche con notevoli dimensioni areali, oppure si origina per degradazione generalizzata per erosione diffusa di tipo calanchivo.

Per quanto riguarda invece lo stato di attività di una frana ci si basa sulla seguente classificazione:

- ❖ Frana attiva: fenomeno in atto al momento del rilevamento che ha evidenziato indizi recenti di attività;
- ❖ Frana quiescente: fenomeno che, pur non presentando indizi di attività in tempi recenti, può essere riattivato dalle stesse cause che ne hanno determinato il movimento iniziale;
- ❖ Frana stabilizzata: fenomeno per il quale le cause responsabili del movimento gravitativo sono state definitivamente rimosse o a seguito di interventi artificiali o a seguito di evoluzione naturale.
- ❖ Frana relitta: fenomeno che si è sviluppato in condizioni geomorfologiche o climatiche considerevolmente diverse dalle attuali. (Paleofrana).

5.2. Assetto geomorfologico locale

Il territorio comunale di Fortunago è caratterizzato da un paesaggio prettamente collinare che, presso il Torrente Ardivestra, lascia posto ad un ambiente di fondovalle.

Il settore collinare della porzione a nord del Torrente Ardivestra, occupa la maggior parte del comprensorio comunale, ed è l'area ove si concentra la maggior dei fenomeni franosi, molti dei quali ancora in stato di attività, oltre che essere a zona di maggior presenza antropica (insediamenti abitati/utilizzo agricolo dei suoli).

In questa zona, si individuano prevalentemente frane di scivolamento roto-taslazionale e colamenti, in misura minore fenomeni di franosità superficiale diffusa, e nel settore nord e nord-orientale si concentrano tutti i movimenti di tipo complesso presenti nel territorio comunale.

Sempre facente parte del settore collinare è la porzione di territorio a sud del T. Ardivestra, la quale, anche se arealmente ridotta rispetto alla zona a nord del torrente, è anch'essa interessata dalla presenza di movimenti di versante, più prettamente di tipo scivolamento roto-taslazionale e colamenti e fenomeni di franosità superficiale diffusa. In questo settore, a sud-est della Frazione Sant'Eusebio, lungo il confine comunale, è stato rilevato l'unico frane di tipo crollo presente nel comune di Fortunago.

Il secondo settore è quello di fondovalle che si estende sui terreni limitrofi al T. Ardivestra, il quale, come tutti i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico del margine pedeappenninico, sta attraversando una fase di ringiovanimento morfologico, ovvero è caratterizzato da un progressivo inalveamento cui si accompagna un'intensa attività erosiva di fondo alveo.

Il torrente Ardivestra, affluente di destra del T. Staffora, è caratterizzato da un tracciato tipicamente meandriforme.

In allegato 3 sono riportate le schede delle frane limitatamente ai fenomeni di dissesto ritenuti più significativi poiché o interferenti o limitrofi a centri edificati; in particolare sono state analizzate 7 frane: 5 frane classificate allo stato attuale come ancora attive ubicate tra loc. Gravanago, loc. Costa Cavalieri e loc. Costa Pelata; una frana relitta in loc. Polinago e una frana quiescente in loc. Colombara.

6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Nella Carta Idrogeologica della riportata in Tavola. 2 (scala 1:10000), sono sintetizzati i diversi aspetti connessi all'idrografia superficiale nonché quelli legati all'idrogeologia, cioè alle modalità di distribuzione e di flusso degli acquiferi sotterranei.

6.1 Aspetti idrografici

Sono stati evidenziati, nella Tav. 2, il reticolo idrografico principale e tutti i corsi d'acqua presenti nel territorio comunale in quanto attualmente non è ancora stato approvato lo Studio sul Reticolo Idrico Minore e non ve n'è uno precedente in vigore.

L'unico corso d'acqua presente entro il comprensorio comunale ascritto all'elenco dei Corsi d'acqua Principali di cui all'Allegato A della D.G.R. del 22 dicembre 2011 n° 92762 è il Torrente Ardivestra.

Num. Progr.	Denominazione	Comuni attraversati	Foce o sbocco	Tratto classificato come principale	Elenco AA.PP.
PV028	Torrente Ardivestra	Fortunago, Godiasco, Montesegale, Rocca Susella, Val Di Nizza	Staffora	Dallo sbocco fino alla confluenza con il Rio Annega l'Asino	65

Come già accennato i corsi d'acqua presenti caratterizzati da una marcata tendenza all'approfondimento la cui azione di scalzamento al piede dei versanti favorisce spesso l'innescò di movimenti gravitativi.

Per quanto riguarda gli aspetti idraulici del Torrente Ardivestra sono state aggiunte nella carta del dissesto con legenda uniformata PAI le aree soggette ad esondazione e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua:

- Ee - area coinvolgibile dai fenomeni con pericolosità molto elevata (Art.9. NdA del PAI); l'area è distribuita lungo tutta l'asta del corso d'acqua e definisce la fascia di deflusso della piena del Torrente

Tali aree sono state definite sulla base di rilievi su terreno, raccolta di dati bibliografici e informazioni acquisite dalla popolazione locale.

6.2. Aspetti idrogeologici

L'assetto idrogeologico è strettamente connesso con la complessità geologica e strutturale che caratterizza l'area.

Nelle aree di fondovalle prossime all'alveo attivo dell' Ardivestra si è in presenza di un'unica falda acquifera sotterranea, arealmente continua, impostata nell'esiguo materasso di depositi alluvionali attuali, che risulta in connessione idraulica con il subalveo dei torrenti. La sua variazione piezometrica stagionale è pertanto connessa al regime dei corsi d'acqua e può inoltre essere alimentata anche dalle falde idriche sospese dei depositi alluvionali topograficamente sovrastanti.

Si tratta di una falda di tipo freatico, circolante in acquifero permeabile per porosità.

Nelle aree collinari e pedecollinari, invece, dove l'assetto geologico è caratterizzato, in prevalenza, da successioni litologiche poco permeabili, la situazione idrogeologica risulta più complessa. Solo localmente, laddove sono presenti successioni litologiche permeabili per fratturazione e/o porosità (quali ad esempio conglomerati, arenarie, sabbie, coperture eluvio-colluviali o alluvionali) si instaurano, nel sottosuolo, condizioni favorevoli alla circolazione idrica sotterranea.

Non sono presenti pozzi ad uso idropotabile comunali per l'approvvigionamento d'acqua.

In tavola 2 è stato suddiviso il territorio comunale sulla base della permeabilità delle formazioni geologiche e dei relativi terreni di copertura; in particolare sono state identificate le seguenti 4 classi di permeabilità:

- permeabilità elevata : fascia dei depositi alluvionali dell'Ardivestra
- permeabilità medio-alta: attribuibile alle formazioni arenacee
- permeabilità media: riferibile alle formazioni calcareo marnose
- permeabilità bassa- molto bassa : formazioni marnoso – argillose

6.3. Vulnerabilità degli acquiferi

La vulnerabilità dell'acquifero all'inquinamento rappresenta la possibilità di penetrazione e di propagazione, in condizioni naturali, di inquinanti provenienti dalla superficie nei serbatoi naturali ospitanti la falda, generalmente libera e da questa, quando possibile, nel sistema acquifero più profondo.

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

La vulnerabilità è in funzione della capacità di trattenimento di un eventuale inquinante immesso in superficie, sulla base della permeabilità dei diversi litotipi sottostanti. Ai diversi intervalli di permeabilità corrispondono tempi diversi di possibile infiltrazione dell'eventuale apporto inquinante, per cui il grado di protezione è determinato in ragione inversa delle relative permeabilità. Le caratteristiche della permeabilità superficiale e della vulnerabilità sono direttamente legate alle caratteristiche litologiche del sottosuolo del territorio comunale.

Per una valutazione numerica dell' indice di vulnerabilità della falda freatica, falda più superficiale, si è ritenuto opportuno effettuare, seppure a titolo orientativo, una verifica impiegando la procedura G.O.D. di Foster.

I calcoli, come noto, si basa sulla identificazione dei seguenti fattori:

- Tipo di falda;
- Tipologia dell'acquifero (Groundwater occurrence);
- Litologia dell'acquifero (Overall aquifer class);
- Soggiacenza del tetto dell'acquifero (Depth groundwater table).

Il metodo assegna ad ognuno dei suddetti fattori specifici coefficienti che, moltiplicati tra loro, individuano una categoria rappresentativa dell'acquifero in funzione del suo grado di vulnerabilità; quest'ultimo prevede sei classi distinte, comprese tra un valore nullo ed uno elevato.

In base ai dati noti relativi alla tipologia di falda presente, alla litologia dei terreni nei primi 2,5 m di profondità e alla profondità della superficie piezometrica, utilizzando l'abaco sopra riportato (Fig. 6.3.1), è stato possibile valutare il grado di vulnerabilità dell'acquifero all'inquinamento.

Sono state individuate due classi di vulnerabilità:

- **Suoli a bassa vulnerabilità** (valori compresi tra 0,1 e 0,3 metodo G.O.D.)
- **Suoli ad alta vulnerabilità** (valori compresi tra 0,5 e 0,7 metodo G.O.D.)

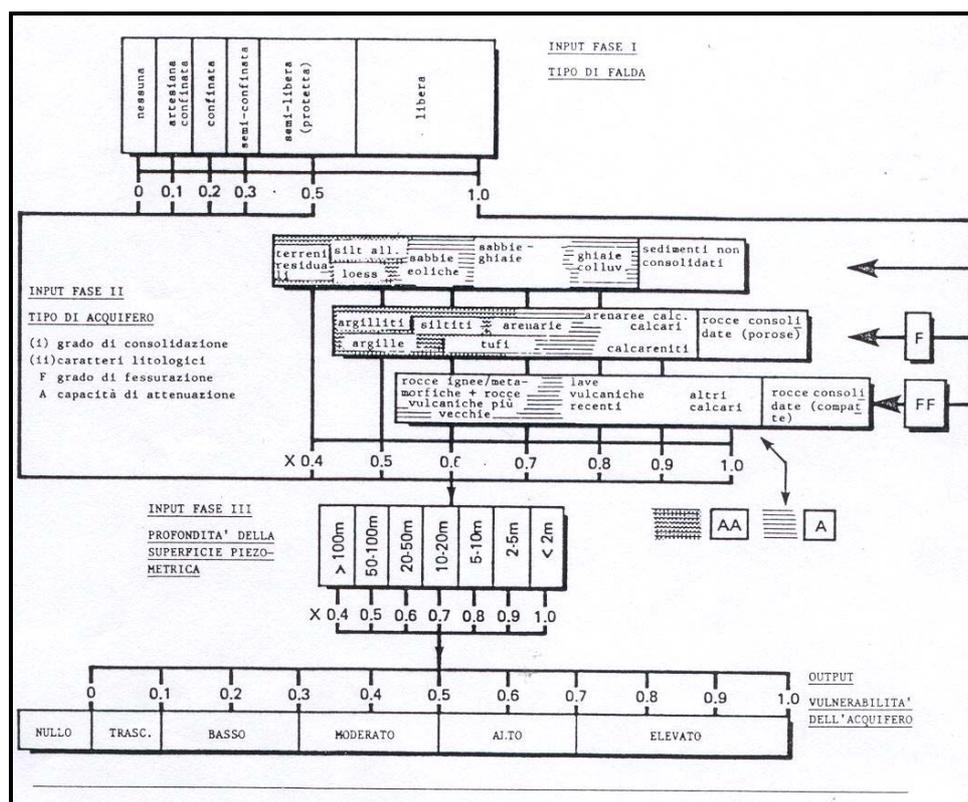


Fig. 6.3.1 – Abaco per valutazione del grado di vulnerabilità dell'acquifero (schema da G.P. Beretta - 1993)

Suoli a bassa vulnerabilità

Si tratta di suoli a litologia prevalentemente marnosa e argilloso-marnosa da scarsamente a mediamente permeabili per fessurazione con un valore ipotizzato di $k = 10^{-8} - 10^{-10}$ m/s.

Le formazioni caratterizzate da questo grado di vulnerabilità sono le Marne di Monte Piano, i Calcari di Zebedassi, il Complesso Caotico e il Complesso Indifferenziato.

Suoli ad alta vulnerabilità

Sono i suoli costituiti depositi coerenti con diverso grado di cementazione; si tratta di un complesso di terreni a grado di permeabilità medio-alto per fessurazione e localmente per porosità con un valore ipotizzato di $k = 10^{-6} - 10^{-8}$ m/s. Si includono le Arenarie di Ranzano e le Arenarie di Serravalle.

A questa tipologia di suolo appartengono anche i depositi alluvionali a litologie incoerente prevalentemente ghiaioso-sabbiosa ad alto grado di permeabilità per porosità, con un valore di permeabilità $k = 10^{-4} - 10^{-8}$ m/s. Questi depositi corrispondono alle Alluvioni Attuali e al Fluviale Recente.

7. PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po ha adottato, con deliberazione n. 18 del 26 aprile 2001 ed approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 24 maggio 2001 ai sensi della l. 183/89, il "*Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)*", ossia l'insieme dei provvedimenti di regolazione delle politiche di difesa del suolo per il bacino idrografico di rilievo nazionale del fiume Po (ai sensi della Legge 183/89).

Il PAI innanzitutto si pone come obiettivo primario (Art. 1, comma 3) quello di *garantire al territorio del bacino del fiume Po un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, attraverso il ripristino degli equilibri idrogeologici e ambientali, il recupero degli ambiti fluviali e del sistema delle acque, la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni, il recupero delle aree fluviali, con particolare attenzione a quelle degradate, anche attraverso usi ricreativi.*

Relativamente alle aree in dissesto (frane, conoidi, valanghe, aree soggette ad esondazione e dissesti di carattere torrentizio), l'approvazione del PAI ha prodotto sia disposizioni immediatamente vincolanti, sia cautelative per un periodo transitorio (art. 6 della Deliberazione n. 18/2001 dell'Autorità di Bacino), trascorso il quale, in assenza di proposte di aggiornamento, sono divenuti esecutivi i vincoli alla trasformazione territoriale (art. 9 delle NdA del PAI).

Con l'approvazione della modifica dell'art. 6 della delib. Del Comitato Istituz. Aut. Bacino n. 18/2001 (DPCM 30 giugno 2003), tale periodo transitorio è terminato in via definitiva, pertanto, a partire dal 12 dicembre 2003 sulle aree in dissesto di cui all'Elaborato 2 del PAI sono in vigore i vincoli di cui all'art. 9 delle N.d.A. del PAI per i Comuni che a tale momento non avevano avviato né concluso l'iter di aggiornamento per la verifica della compatibilità idraulica ed idrogeologica per l'aggiornamento del quadro del dissesto, come nel caso del Comune di Fortunago.

Pertanto per quanto riguarda le aree di dissesto la presente indagine geologica svolta a supporto della pianificazione urbanistica comunale in ottemperanza alla direttiva di cui alla DGR . Lomb. N. IX/2616 del 30/11/2011 costituisce anche adeguamento ai sensi del già citato art. 18 delle N.d.A. del PAI una volta recepito nello strumento urbanistico comunale secondo le modalità previste dalla L.R. 12/2005 e costituisce, quindi, aggiornamento del quadro del dissesto di cui all'Elaborato 2 del PAI.

Per tale motivo è stata redatta la Tav. 4 "Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI" nella quale, utilizzando la legenda del PAI, come indicato nelle direttive regionali, è stato riportato lo stato del dissesto definito dall'Elaborato 2 All. 4 del PAI , comprendente tre frane attive, integrato ed aggiornato con tutti gli altri fenomeni di dissesto rilevati sul territorio attraverso le indagini dirette ed indirette svolte

nel corso del presente studio, comprendente numerose frane e l'area di esondazione a pericolosità molto elevata "Ee".

7.1 INTEGRAZIONI-MODIFICHE AL DISSESTO ORIGINALE PAI

A seguito dei rilievi eseguiti direttamente in campo e con l'ausilio di studi e ricerche bibliografiche e della nuova cartografia di base vengono proposte, nel seguente studio, alcune modifiche alle aree esistenti PAI, specialmente laddove dal punto di vista morfologico la perimetrazione del dissesto originario non risulta conforme allo stato reale dei luoghi.

FRANA DI POLINAGO

La frana che interessa l'abitato di Polinago risulta di tipo complesso in quanto caratterizzata dalla presenza di diversi tipi di movimento e da differenti stati di attività.

Nella cartografia PAI originale, il dissesto interessava anche il crinale a sud di Polinago e la strada che porta a Costa Cavalieri; tuttavia il rilievo geologico e geomorfologico eseguito ha consentito di escluderne un loro possibile coinvolgimento.

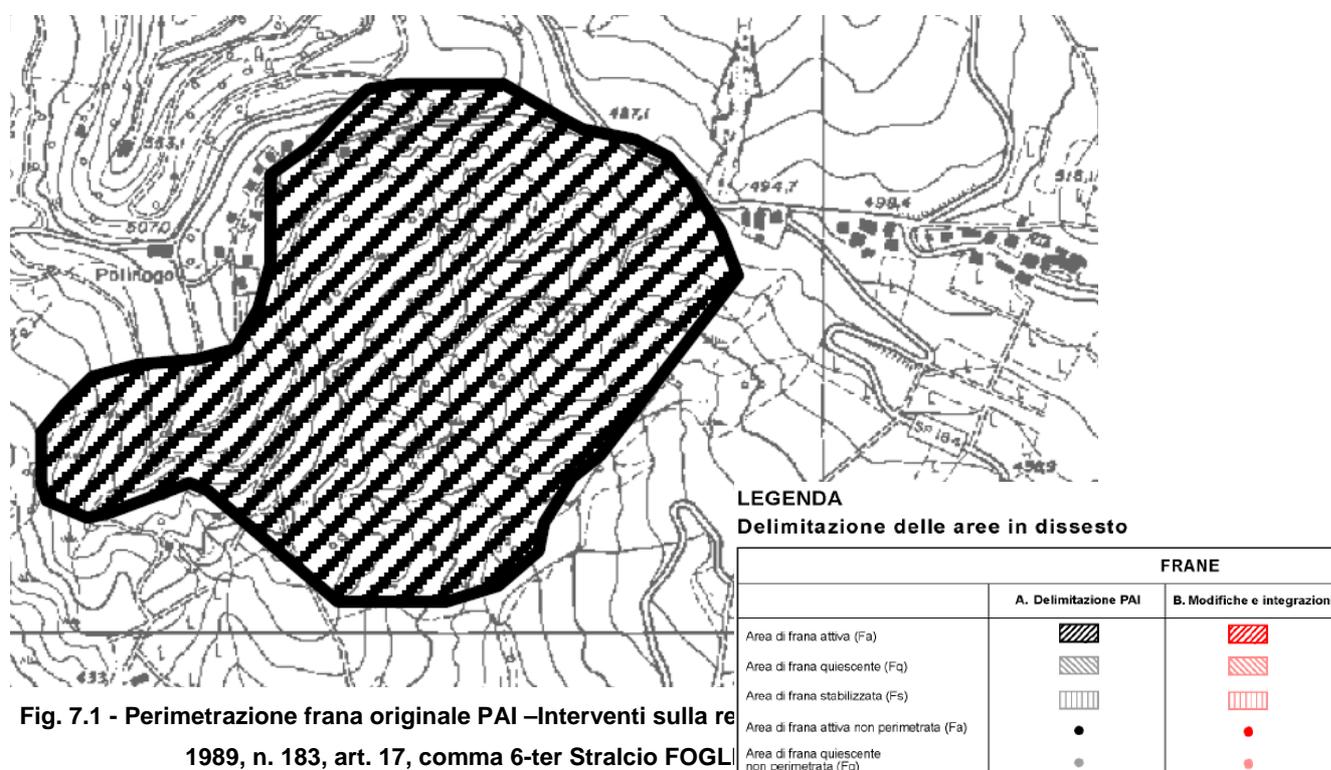


Fig. 7.1 - Perimetrazione frana originale PAI –Interventi sulla re 1989, n. 183, art. 17, comma 6-ter Stralcio FOGLI

Il suddetto crinale rappresenta il nuovo limite occidentale, mentre la parte meridionale , leggermente più estesa risulta interessata da fenomeni di franosità superficiale diffusa.

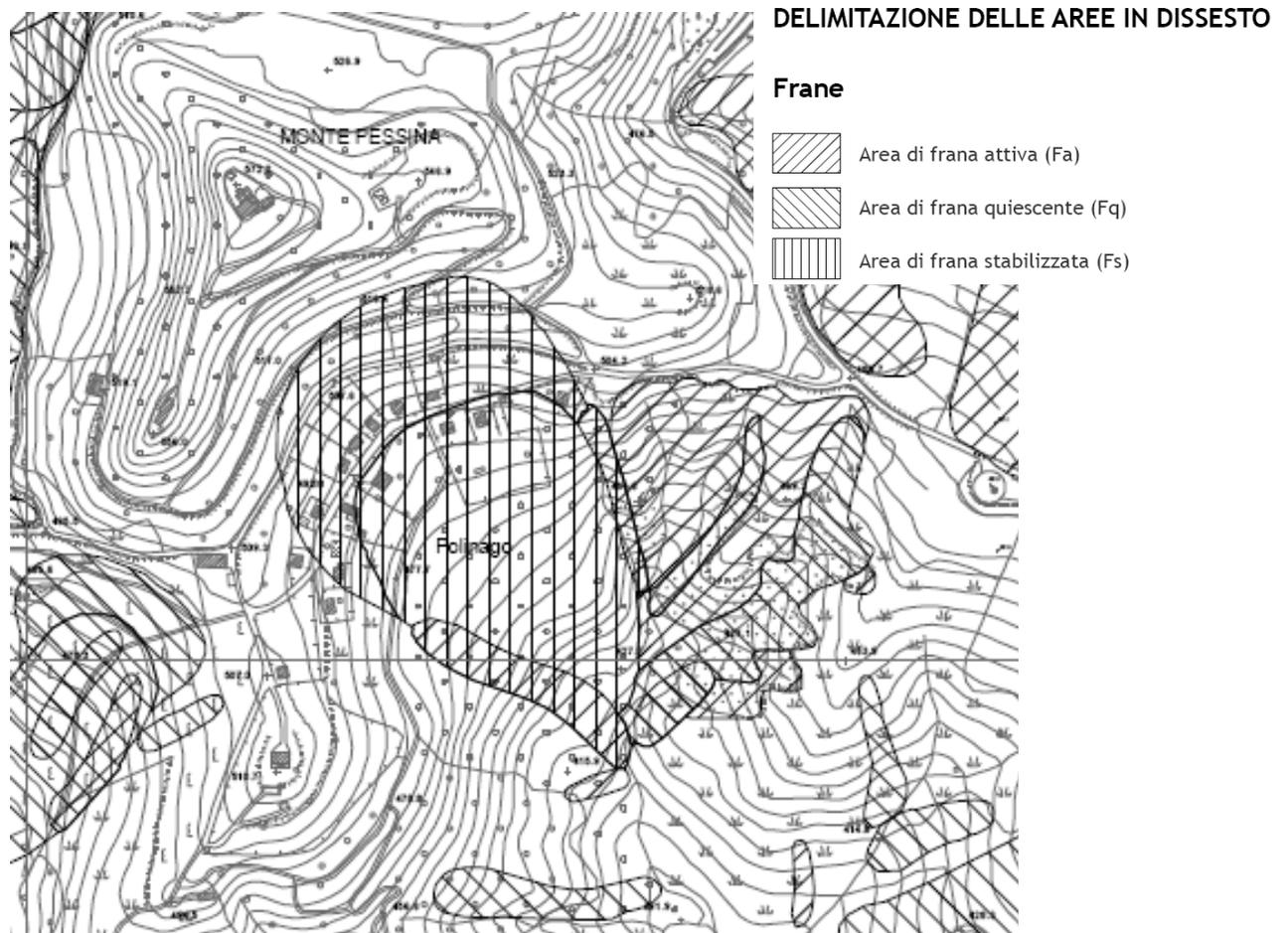


Fig. 7.2 - Nuova perimetrazione della frana di Polinago

FRANA DI MONTE GAGLIOLO

La frana di Monte Gagliolo che si sviluppa a sud ovest della frazione di Gravanago, è classificata come scivolamento roto-traslazionale attivo la cui estensione areale risulta attualmente maggiore rispetto a quanto riportato nella cartografia PAI originaria.

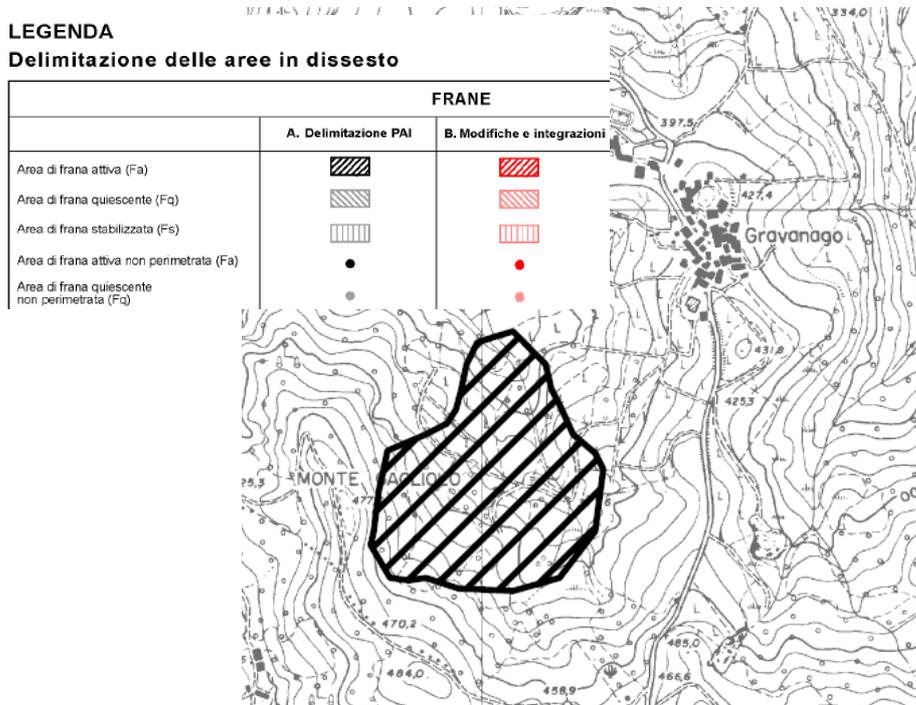


Fig. 7.3 - Perimetrazione frana originale PAI –Interventi sulla rete idrografica e sui versanti Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6-ter Stralcio FOGLIO 178 SEZ. IV - Voghera

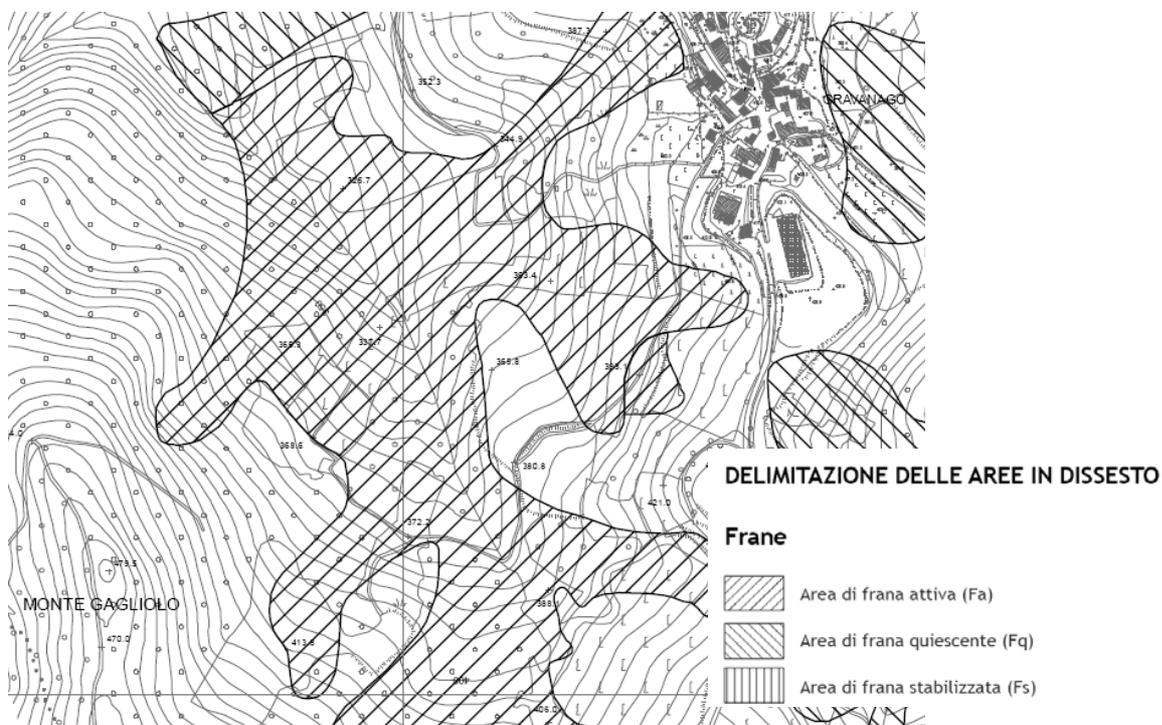


Fig. 7.4 - Nuova Perimetrazione frana Gravanago -Monte Gagliolo

FRANA IN LOCALITÀ VALLE STRANA

Dal confronto tra la cartografia PAI e la situazione attuale del dissesto si evince come la situazione attuale appaia più complessa ed estesa; il versante est di Costa Pelata risulta quasi interamente interessato da fenomeni di franosità superficiale diffusa a diverso stato di attività e da fenomeni di colamento.

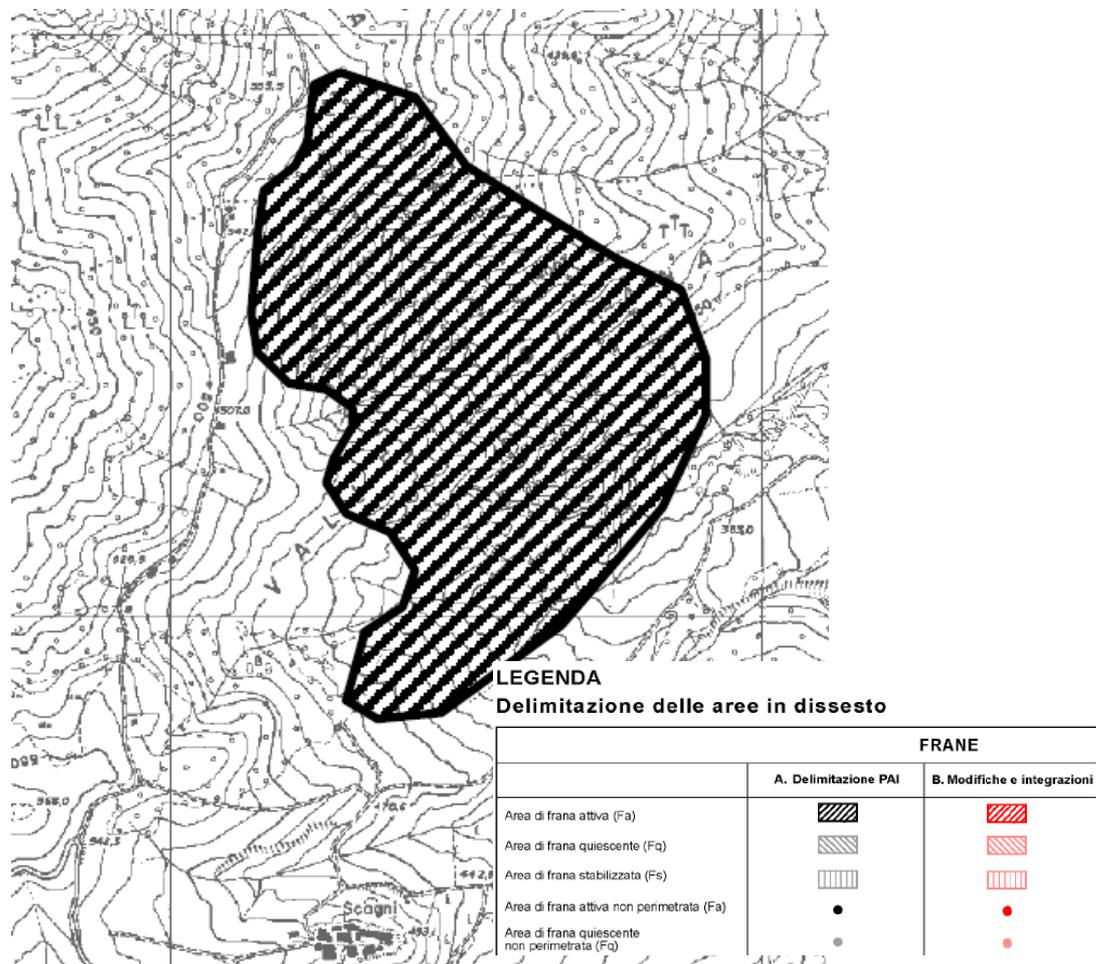


Fig. 7.5 - Perimetrazione frana originale PAI –Interventi sulla rete idrografica e sui versanti Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6-ter Stralcio FOGLIO 178 SEZ. I - Montalto Pavese

L'area in dissesto è inoltre caratterizzata dalla presenza nella parte settentrionale di fenomeni di intenso dilavamento.

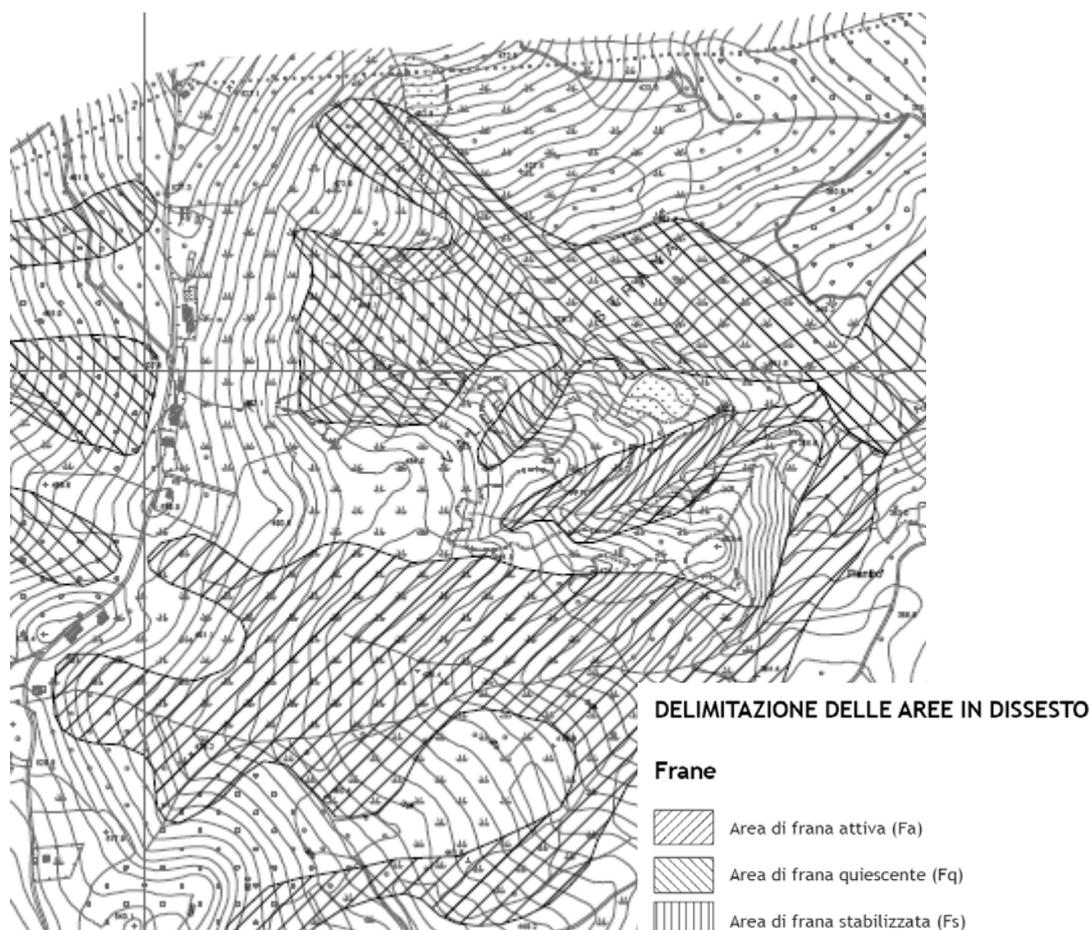


Fig. 7.5 - Nuova perimetrazione frana Valle Strana

8. CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA E GEOTECNICA

In questo capitolo vengono sinteticamente illustrati gli elementi litologici impiegati come base per una valutazione preliminare delle principali caratteristiche fisiche del primo sottosuolo, che vengono di seguito riassunte e schematizzate dal punto di vista qualitativo e con un'indicazione quantitativa di massima.

Si ritiene opportuno precisare che data la validità puntuale dei dati geotecnici riferiti alle specifiche zone investigate, la caratterizzazione fornita ha valore indicativo e quindi non può ritenersi esaustiva degli accertamenti di dettaglio da esplicitarsi a norma di legge (*D.M. 14/01/2008 "nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"*) per i singoli interventi edificatori.

Per far ciò si è provveduto al reperimento degli studi geotecnici effettuati sia sul territorio comunale che in quelli limitrofi in cui sono riportati eventuali prove dirette e indirette.

Tutti i dati geognostici raccolti relativi alle indagini in sito eseguite (prove penetrometriche e sondaggi) sono stati riportati nella Tav. 2.

A scala comunale è stato possibile distinguere tre unità litotecniche omogenee in funzione delle caratteristiche fisico-meccaniche, le quali vengono di seguito descritte e caratterizzate dai principali parametri geotecnici:

γ = peso di volume; c' = coesione effettiva; c_u = coesione non drenata; Φ = angolo d'attrito effettivo.

Alla prima unità litotecnica appartengono i depositi alluvionali del torrente Ardivestra costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie in matrice limoso-argillosa e argilloso-limosa. Di questa unità fanno parte il Fluviale Recente, e le Alluvioni attuali.

Anche in tal caso è stato possibile distinguere i depositi di copertura dalle sottostanti alluvioni; la copertura presenta una litologia prevalentemente sabbioso-limoso-argillosa, mentre le alluvioni, sono generalmente rappresentate da ghiaie in matrice sabbioso-limosa.

I parametri geotecnici desunti sono di seguito riportati.

	γ KN/mc	c' KN/mq	c_u kN/mq	Φ°
Copertura Alluvioni	18-19	0-10	40-80	25°-27°
Alluvioni	19-20	0	0	32°-35°

La seconda unità comprende le formazioni prevalentemente litoidi costituite da arenarie, talora passanti a sabbie cementate e conglomerati. In generale si tratta di terreni dalle buone caratteristiche geotecniche. Tale unità comprende la formazione delle Arenarie di Ranzano e delle Arenarie di Serravalle.

Nell'ambito di tale gruppo, in base ai dati disponibili, è stato possibile estrapolare parametri geotecnici che si riferiscono sia alle porzioni più superficiali dei terreni (coltre) sia al substrato vero e proprio. In questo caso il disfacimento di un substrato essenzialmente arenaceo genera coltri di alterazione superficiale di natura prevalentemente limoso-sabbiosa.

I parametri geotecnici desunti sono di seguito riportati.

	γ kN/mc	c' kN/mq	c_u kN/mq	Φ°
Coltre	18-19	5-10	30-50	22°-24°
Substrato	20-21	10-20	100-200	28°-34°

La terza unità comprende le formazioni a prevalente composizione marnoso-argillosa più o meno sabbiosa, particolarmente soggette a rapida degradazione meteorica e quindi caratterizzate da coltri di copertura in genere potenti alcuni metri; lungo pendii ed accentuate acclività queste ultime tendono alla mobilitazione a causa delle intrinseche scadenti proprietà di resistenza al taglio, suscettibili di ulteriore peggioramento a seguito dell'imbibizione idrica. Fanno parte di tale unità litotecnica le Marne di M. Piano, il Complesso Caotico e il Complesso Indifferenziato.

Anche per questo raggruppamento è stato possibile distinguere i parametri geotecnici riferibili alla porzione più superficiale del terreno da quelli del substrato.

I parametri geotecnici desunti sono di seguito riportati.

	γ kN/mc	c' kN/mq	c_u kN/mq	Φ°
Coltre	18-19	5-10	60-80	19°-20°
Substrato	20-21	10-30	100-150	20°-22°

9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Secondo quanto indicato dalla D.G.R. Lomb. n. IX/2616 del 30/11/2011: “ *L.R. dell’11 Marzo 2005 “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio*”, in attuazione dell’art. 57, comma 1, si è provveduto in questo studio geologico ad adeguare il piano territoriale dal punto di vista sismico seguendo le procedure d’analisi indicate nell’Allegato 5 : “*Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell’aspetto sismico nei piani di governo del territorio*”.

La metodologia prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente: i primi due livelli sono obbligatori in fase di pianificazione, nel caso il Comune considerato ricadesse in Classe di sismicità 2 o 3, mentre il terzo livello è obbligatorio in fase di progettazione in due casi:

- quando il secondo livello dimostra l’inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione (F_a calcolata $>$ della F_a di riferimento);
- in scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione, contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

Ricordiamo che in questo lavoro è prevista la realizzazione del primo e secondo livello, essendo Fortunago un comune classificato in classe 3 di sismicità.

La procedura messa a punto nell’Allegato 5 della suddetta legge regionale, 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.

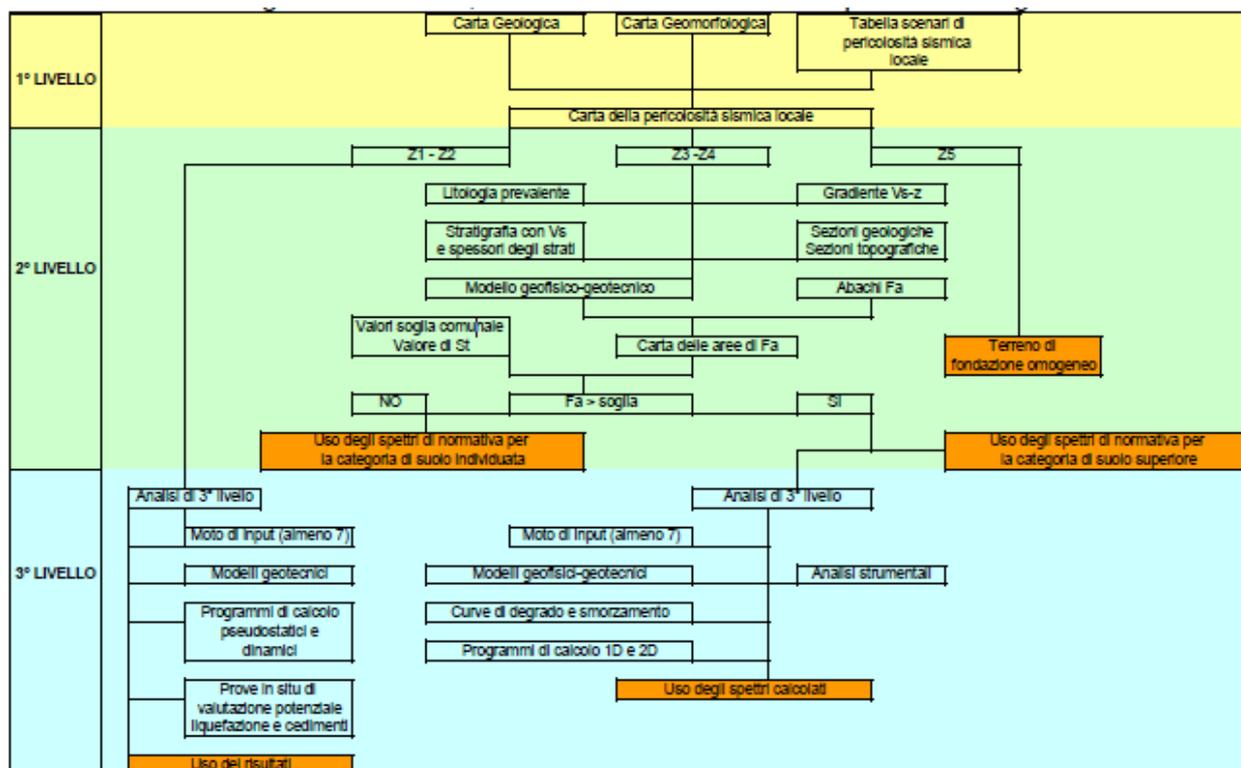


Fig. 9.1 - Diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei tre livelli di indagine

Si è pertanto proceduto ad effettuare una prima caratterizzazione sismica finalizzata ad individuare le aree passibili di amplificazione sismica secondo l'analisi sismica di I livello, come di seguito specificato.

9.1. Analisi sismica di I livello

Consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le sue basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Corrisponde ad una fase pianificatoria, obbligatoria per tutti i comuni della Lombardia, anche quelli che ricadono in zona sismica 4 e non solo per comuni ricadenti in classe sismica 2 e 3. L'analisi porta l'individuazione di zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono prevedibili sulla base di osservazioni geologiche, sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, sui risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione di condizioni locali.

Salvo nel caso in cui non siano a disposizione informazioni geotecniche di nessun tipo, nell'ambito degli studi del I° livello non sono necessarie nuove indagini geotecniche. Lo studio è pertanto consistito in un'analisi dei dati già esistenti e già inseriti nella cartografia di analisi ed inquadramento (Tav. 1 - Carta geologica, Tav. 2. Carta geomorfologica) e nella realizzazione di una apposita cartografia, alla scala 1:10.000, rappresentante la "Carta di pericolosità sismica locale" (Tav. 6) derivata dalle precedenti carte di base, in cui vengono riportate le perimetrazioni areali e lineari in grado di determinare gli effetti sismici locali.

Di seguito si riporta lo schema raffigurante tutti gli scenari di pericolosità sismica locale contemplati dalla D.G.R. Lomb. del 30 Novembre 2011 n. IX/2616, con indicati gli effetti sismici conseguenti.

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

Tab 9.1.1 - Schema di pericolosità sismica locale

Nella tabella seguente vengono sintetizzati gli adempimenti e la tempistica in funzione della zona sismica di appartenenza del comune., che nel caso specifico del Comune di Fortunago ricade in zona sismica 3.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Tab 9.1.2 - Pericolosità sismica locale

Nello specifico, per quanto riguarda il I Livello, nel territorio comunale di Fortunago, sono stati individuati i seguenti scenari di pericolosità sismica locale:

Z1) Zone potenzialmente interessate da effetti di instabilità, distinte in:

- **Z1a** corrispondenti alle zone caratterizzate da movimenti franosi attivi
- **Z1b** corrispondenti alle zone caratterizzate da movimenti franosi quiescenti
- **Z1c** corrispondenti alle zone potenzialmente franose o esposte a rischio di frana

In Tav. 6 le aree Z1 sono state rappresentate con dei poligoni rigati di colorazione differente in relazione alla sottoclasse di appartenenza.

Z3) Zone potenzialmente interessate da effetti di amplificazioni topografiche, distinte in:

- **Z3a** corrispondenti alle zone di ciglio di altezza $H > 10$ m (scarpate con pareti subverticali, nicchie di distacco, orli di terrazzo fluviale o di natura antropica); per l'individuazione delle aree di ciglio con $H > 10$ m è stato utilizzato lo schema riportato a fine paragrafo nella figura 9.1.2 e tratto dall'All. 5 della D.G.R. 30 Novembre 2011 n. IX/2616. Le zone Z3a sono state rappresentate nella tav. 4 con una linea verde chiaro.
- **Z3b** corrispondenti a zone di cresta rocciosa (appuntita o arrotondata); per l'individuazione delle zone di cresta è stato utilizzato il criterio di riconoscimento indicato nella figura 9.1.3 riportata a fine paragrafo e tratta dall' All. 5 della delibera regionale; facendo riferimento a tale criterio, dopo aver adeguati profili topografici relativi ad altrettante presunte aree di cresta sono state identificate diverse zone specialmente ricomprese in corrispondenza dell'abitato di Costa Cavalieri e nella porzione orientale del territorio comunale. Non mancano tuttavia zone di cresta identificate anche nella porzione occidentale e comprese tra gli abitati di Sant Eusebio e Gravanago. Le aree di cresta sono state caratterizzate dalle condizioni indicate nella sopraccitata figura, ovvero aree di cresta delimitate da pendii con acclività maggiore o uguale di 10° e per i quali il dislivello altimetrico minimo (h) è risultato maggiore o uguale ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H). Nella Tav. 6 le zone Z3b sono state rappresentate con una linea verde scuro.

Z4) Zone potenzialmente interessate da effetti di amplificazioni litologiche e geometriche, comprendente la:

- **Z4a** corrispondenti a zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali granulari e/o coesivi; in Tav. 4 tali aree, corrispondenti alle alluvioni relegate nel settore di fondovalle del T. Ardivestra, e rappresentate con un poligono retinato di azzurro.
- **Z4d** corrispondente ad una zona identificata nel settore centro settentrionale del territorio comunale geologicamente riconducibile alla Formazione delle Argille Varicolori e pertanto ascrivibili a tale classe come area interessata da argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale.

Z5) Zone potenzialmente interessate da effetti sismici dovuti a comportamenti differenziali corrispondenti a zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse; tali aree, rappresentate in Tav. 6 con una linea arancione.

9.2 Analisi sismica di II livello

Ricadendo il territorio comunale in zona sismica 3 si è proceduto, in ottemperanza alle direttive regionali, ad effettuare l'approfondimento di studio sismico di II livello; questo consiste nella valutazione semiquantitativa del fattore di amplificazione sismica (Fa) nelle aree già urbanizzate o interessate da futura urbanizzazione che ricadono nelle zone Z3 e Z4 come identificate attraverso l'analisi di I livello suscettibili degli effetti di amplificazione sismica dovuti rispettivamente a motivi topografici e litologico/geometrici.

Tale studio consente, tramite metodi semplificati, di zonare le aree di interesse in funzione del fattore di amplificazione Fa; il calcolo di Fa si riferisce agli intervalli di periodo del sisma tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente sul territorio regionale; il primo intervallo si riferisce a strutture edili relativamente basse (max 4 piani), regolari e piuttosto rigide (caso del territorio urbanizzato di Fortunago), mentre il secondo intervallo si riferisce a strutture più alte e flessibili (5 o più piani).

Le tabelle sottostanti riportano i valori di Fa relativi ai due casi sopra esposti, per ogni tipo di suolo individuati dalla Regione Lombardia per il comune di Fortunago (D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374 e D.G.R. Lomb. N. IX/2616 del 30/11/2011).

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Fortunago	3	1.4	1.9	2.2	2.0

Tab. 9.2.1 - Valori di soglia di Fa per il periodo 0,1-0,5 s nel territorio di Fortunago in relazione al tipo di suolo (dati forniti da Regione Lombardia)

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Fortunago	3	1.7	2.4	4.2	3.1

Tab. 9.2.2 - Valori di soglia di Fa per il periodo 0,5-1,5 s nel territorio di Fortunago in relazione al tipo di suolo (dati forniti da Regione Lombardia)

Tali valori sono stati reperiti e scaricati dal sito internet della Regione Lombardia in cui è disponibile una banca dati in formato *.xls* (*soglie_lomb.xls*) contenente i valori di soglia oltre ai quali lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

Come già esposto l'analisi di II livello ha interessato solo alcuni ambiti del territorio ricadenti nelle zone di PSL Z3 individuate nella Tav. 6, e più in particolare quelle di seguito specificate:

- Zone Z3a - Z3b di scarpata e cresta interessate da nuclei abitati esistenti e suscettibili di potenziale ampliamento; su tutte le zone identificate ci si è soffermati solo su quelle urbanizzate ed urbanizzabili perlopiù coincidenti con la zona di cresta di Costa Cavalieri e quella di scarpata di Gravanago.

Nelle zone Z4 appartenenti al fondovalle del Torrente Ardivestra, non essendo quasi presenti zone urbanizzate o urbanizzabili, non sono state condotte analisi. Tuttavia è stata reperita un'indagine sismica pregressa eseguita a Nord dell'abitato di Sant Eusebio che ha portato alla caratterizzazione dal punto sismico di una porzione di versante.

Tale discorso vale anche per le aree ricadenti o prossime alle zone identificate come Z3a, Z3b non interferenti con l'urbanizzato non è stato applicato lo studio di II livello per la valutazione del valore di Fa, dal momento che nessuna di queste aree è risultata interferente con l'urbanizzato o urbanizzabile.

Individuate le aree sopra indicate interessate dall'approfondimento di studio si è quindi proceduto a calcolarne il corrispondente valore di Fa secondo la metodologia meglio descritta nei paragrafi seguenti.

9.2.1. Calcolo di Fa in aree interessate da amplificazioni morfologiche (zone Z3a e Z3b)

Il metodo proposto dalla D.G.R. Lomb. 30 Novembre 2011 n. IX/2616 per il calcolo del valore di Fa nel caso delle zone Z3a e Z3b prevede l'utilizzo dell'apposita scheda e dei relativi abachi riportati nell'allegato 5 della delibera Regionale (scheda Effetti morfologici - Scarpate - scenario Z3a - Creste - scenario Z3b).

Tale metodo è valido per le creste rocciose e/o cocuzzolo, caratterizzate da pendii con inclinazione maggiore o uguale a 10° impostate su terreni per i quali le velocità delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità (V_{S30}) sia maggiore o uguale ad 800 m/s, ovvero impostate su materiale roccioso avente una coltre di alterazione di spessore inferiore a 3 m.

Nel caso ad esempio delle creste, lo studio prevede dapprima la ricostruzione di profili topografici realizzati per l'individuazione di tutte le zone di cresta Z3b e in seguito, facendo riferimento alla procedura indicata nella direttiva regionale e nella scheda di valutazione delle aree di cresta riportata nell'allegato 5 della delibera regionale, propone caratterizzare la morfologia di dettaglio delle aree di cresta individuate nel comprensorio comunale oggetto di approfondimento.

Una volta acquisiti tutti i parametri necessari per il calcolo si è procede alla determinazione del valore di Fa; questo viene calcolato in funzione dei parametri morfologici e del valore del coefficiente di forma H/L (essendo H il dislivello altimetrico massimo ed L la larghezza alla base del rilievo), scegliendo la curva più appropriata tra quelle proposte nei diversi abachi di correlazione forniti.

Il valore di Fa calcolato consente di valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente; la valutazione si basa sul confronto tra Fa calcolato e il corrispondente valore Fa di soglia individuato nella tabella 9.2.1. per edifici bassi e 9.2.2. per edifici alti.

Dal confronto si possono ottenere le seguenti situazione:

- 1) il valore di F_a calcolato risulta inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente definito dalla Regione pertanto la normativa è sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- 2) il valore di F_a calcolato risulta superiore al valore di soglia corrispondente definito dalla Regione pertanto la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e quindi è necessario, in fase di progettazione, effettuare analisi più approfondite (terzo livello) in fase di progettazione edilizia.

Si specifica che, nel confronto tra i valori di soglia, la D.G.R. 30/11/2011 n. IX/2616, ammette una variabilità di $+0,1$, che tiene conto della variabilità del valore di F_a ottenuto dalla procedura semplificata.

9.2.2. Calcolo di F_a in aree interessate da amplificazioni litologiche e geometriche (zone Z4)

Nel caso si dovesse eseguire un intervento edilizio in aree ricadenti nelle zone Z4, lo studio sismico di II livello finalizzato alla determinazione del valore di F_a secondo le procedure proposte dalle direttive regionali, prevede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei terreni del sito;
- stratigrafia dei terreni;
- andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascuno strato;
- sezioni geologiche, con conseguente modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Una volta definiti tali dati il metodo proposto dalla R.L. prevede, per il calcolo di F_a , l'utilizzo di specifiche schede di valutazione da scegliersi in base alle litologie oggetto di indagine ed all'andamento delle Vs con la profondità. Anche in questo caso la metodologia prevede il confronto dell' F_a calcolato con il valore soglia proposto per il territorio in esame dalla normativa.

Lo studio prevede dapprima la realizzazione di specifiche indagini geofisiche per la valutazione delle Vs30 in alcune porzioni significative del territorio comunale, dopo di che, Una volta stata definita, anche sulla base dei parametri geotecnici e litologici a disposizione, la litologia prevalente del sito, viene scelta, tra quelle fornite dalle direttive regionali, la scheda litologica di riferimento per la valutazione di F_a . Le schede fornite sono di seguito riportate:

- una scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2);
- una scheda per le litologie prevalentemente sabbiose.

Riportando i valori delle Vs relative ad ogni strato nell'apposito diagramma di ciascuna scheda litologica attribuita ad ogni singolo sito è possibile valutare se si ricade o meno nel campo di validità della scheda di riferimento prescelta, ovvero se tutti i valori di Vs sono al di sopra della linea rossa che indica il campo di validità della scheda litologica prescelta. A tal punto è possibile procedere al calcolo di Fa utilizzando gli abachi relativi a tale scheda per edifici bassi e per edifici bassi, forniti sempre nella L.R.. Affinché l'abaco possa essere utilizzato correttamente è necessario che il primo strato presenti uno spessore minimo di 4 m; se ciò non fosse si va a calcolare una media pesata dei primi 4 metri di terreno tenendo in dovuta considerazione gli spessori parziali con le rispettive velocità delle onde di taglio.

Infine viene calcolato il periodo "T" proprio di ciascun sito. Questo è necessario per l'utilizzo dell'abaco che permette, partendo dalla curva prescelta, di determinare del valore di Fa. Il periodo T viene calcolato considerando tutta la successione stratigrafica del sito fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s, utilizzando la seguente formula:

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

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

V_{s_i} = Velocità dell'onda di taglio i-esima

Nel caso la velocità ottenuta dall'indagine non raggiungesse gli 800 m/s, occorre incrementare la velocità e la profondità delle onde, utilizzando un passo adeguato, fino all'intercettazione degli 800 m/s ipotizzando un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine.

Il valore di Fa ottenuto per edifici bassi ed alti, va confrontato con i valori di soglia forniti dalla regione, riportati nelle tabelle 9.2.1 e 9.2.2, e considerando una variabilità di + 0,1 che tiene in conto la variabilità del valore di Fa ottenuto.

Anche in tal caso, dal confronto, si possono verificare due situazioni:

- 1) il valore di Fa calcolato risulta inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente definito dalla Regione pertanto la normativa è sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- 2) il valore di Fa calcolato risulta superiore al valore di soglia corrispondente definito dalla Regione pertanto la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione, effettuare analisi più approfondite (terzo livello) in fase di progettazione edilizia o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Nel caso di presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e morfologici (Z3) si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

9.2.3. Determinazione dei valori di Fa - Analisi diretta di II livello - Effetti Litologici

Come già accennato in precedenza per il Comune di Fortunago il secondo livello è obbligatorio negli scenari PSL, individuati attraverso il 1° livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zona Z3 e Z4) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica. Pertanto, in questa fase, tale procedimento è stato applicato solo laddove l'analisi di I livello ha identificato scenari Z3 e Z4 interferenti con urbanizzato od urbanizzabile.

In particolare l'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunale forniti dal Politecnico di Milano).

La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa).

Il 2° livello permette di valutare il grado di protezione fornito dalla normativa nazionale attraverso il confronto diretto tra i valori del fattore di amplificazione Fa determinato dalla procedura e:

- i valori di ST (fattore topografico), definiti dalle NTC-2008, per quanto riguarda le amplificazioni topografiche;
- i valori di soglia comunale, definiti sulla base degli spettri sito-dipendente delle NTC-2008, per quanto riguarda le amplificazioni litologiche.

La normativa regionale prevede che la conoscenza degli spessori e delle Vs possa essere ottenuta utilizzando qualsiasi metodo di indagine diretto ed indiretto, che sia in grado di fornire un modello geologico e geofisico del sottosuolo attendibile, in relazione alla situazione geologica del sito e il più dettagliato possibile nella parte superficiale. In particolare per l'analisi del fattore di amplificazione (Fa) sito-specifico si è fatto riferimento ai criteri contenuti nell'allegato 5 e nei suoi aggiornamenti, di seguito riepilogati:

- ❖ la scelta della curva di correlazione T/Fa all'interno della scheda di valutazione avviene tramite individuazione dello spessore e della velocità Vs dello strato superficiale: il valore di Vs riportato nella scheda è da intendersi come limite massimo di ogni intervallo (es: per un valore di Vs dello strato superficiale ottenuto dall'indagine pari a 230 m/s è stato scelto il valore 250 m/s nella matrice della scheda di valutazione);

- ❖ in presenza di una litologia non contemplata dalle schede di valutazione allegate si potrà, in questa prima fase, utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine;
- ❖ nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata ma l'andamento delle Vs con la profondità non ricade nel campo di validità della scheda potrà, in questa prima fase, essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine;
- ❖ in presenza di alternanze litologiche con inversioni di velocità con la profondità si potrà, in questa prima fase, utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine e si accetteranno anche i casi in cui i valori di Vs escano dal campo di validità solo a causa dell'inversione;
- ❖ in mancanza del raggiungimento del bedrock ($V_s \geq 800$ m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s;
- nel caso di presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e morfologici (Z3) si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà *quello più sfavorevole*.

Per quanto riguarda la scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di Vs, da utilizzare nella procedura di 2° livello si è fatto riferimento alla tabella sotto riportata, estratta dall'allegato 5 della DGR n. IX/2616 del 30/11/2011.

DATI	ATTENDIBILITA'	TIPOLOGIA
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (Vs)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Tabella 9.2.3 : Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi

Qualora il Fa sia superiore ai valori di soglia si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C
- nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro di categoria D
- anziché lo spettro di categoria del suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D
- anziché lo spettro di categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D

Al fine di determinare i valori di F_a dal punto di vista degli effetti litologici, sono stati reperiti 4 stendimenti sismici pregressi realizzati al fine di determinare la velocità delle V_s relative ad ogni strato nei primi 30 metri di terreno. Tali valori di F_a calcolati, grazie all'utilizzo di apposite schede, sono stati confrontati con i valori di riferimento della Regione Lombardia

Per le zone PSL Z3a e Z3b del territorio comunale di Fortunago, coincidenti rispettivamente con zone prossime ad una scarpata (zona di Gravanago) e zone di cresta (Costa Cavalieri) sulla base delle caratteristiche morfologiche e litostratigrafiche del sottosuolo, utilizzando i dati di indagini geofisiche condotte in tre aree omogenee degli abitati interferenti con i suddetti scenari PSL (Costa Cavalieri Est - Costa Cavalieri Ovest e Gravanago) si è ricostruito quello che potrebbe essere il più probabile andamento della velocità delle onde seconde (V_s) con la profondità e quindi è stato confrontato con quello riportato nelle schede litologiche predisposte dalla Regione Lombardia utilizzando come scheda di riferimento quella a litologia "litologie limoso sabbioso- tipo II".

E' stata inoltre reperita un'altra indagine sismica pregressa, eseguita in località Sant'Eusebio e non rientrante negli scenari sopra indicati interferenti con l'urbanizzato o l'urbanizzabile. Tuttavia le risultanze di tale stendimento, eseguito lungo pendio in corrispondenza delle Arenarie di Ranzano, ha permesso di caratterizzare, limitatamente al luogo di interesse, la Formazione dal punto di vista sismico. Di seguito vengono riassunte le risultanze delle indagini eseguite.

Per prima cosa si sono ricavati i valori di V_{s30} (onde sismiche di taglio o trasversali) utilizzando i valori parziali di velocità delle V_s di ciascuno strato mediante la seguente formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo
 V_i = Velocità dell'onda di taglio i-esima
 N = Numero di strati

Ciò permette di poter classificare il suolo in una delle cinque classi individuate nell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003, in cui esso viene suddiviso sulla base dei valori delle V_{s30} (vedesi tabella successiva).

Stendimento	Formazione	Scenario PSL	Vs30 calcolato	Categoria di sottosuolo
Gravanago	Arenarie di Ranzano	Z3a	370 m/s	B
Costa Cavalieri Est	Calcari di Zebedassi	Z3b	365 m/s	B
Costa cavalieri Ovest	Calcari di Zebedassi	Z3b	394 m/s	B
Sant'Eusebio	Arenarie di Ranzano	-	330 m/s	C

Tabella 9.2.4 - individuazione della categoria di sottosuolo sulla base delle Vs30

Da essa emerge come sulla base dei risultati dei dati sismici pregressi ci troviamo di fronte a suoli di tipo B :*“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 e 800 m/s”* e in un caso siamo in corrispondenza di suoli di tipo C: *“Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e dai valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*

Sulla base di parametri geotecnici e litologici, si individua la litologia prevalente nel sito in questione e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento.

- una scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2);
- una scheda per le litologie prevalentemente sabbiose.

Si riportano, in un apposito diagramma all'interno di queste schede, i valori delle Vs, relative ad ogni strato con la profondità e si vede se si rientra o meno nel campo di validità della scheda di riferimento.

Di seguito viene mostrato, ad esempio, un grafico relativo alla scheda per “litologie limoso sabbioso- tipo II” a cui è stato possibile associare i valori delle Vs calcolate nello stendimento sismico di “Costa Cavalieri Ovest” ubicato in corrispondenza dell’omonimo abitato in una zona di cresta. Come da normativa si sono inseriti i dati all'interno della prima scheda di riferimento e successivamente si è passato di scheda in scheda finchè non si è pervenuti alla prima scheda utile che è risultato essere questa.

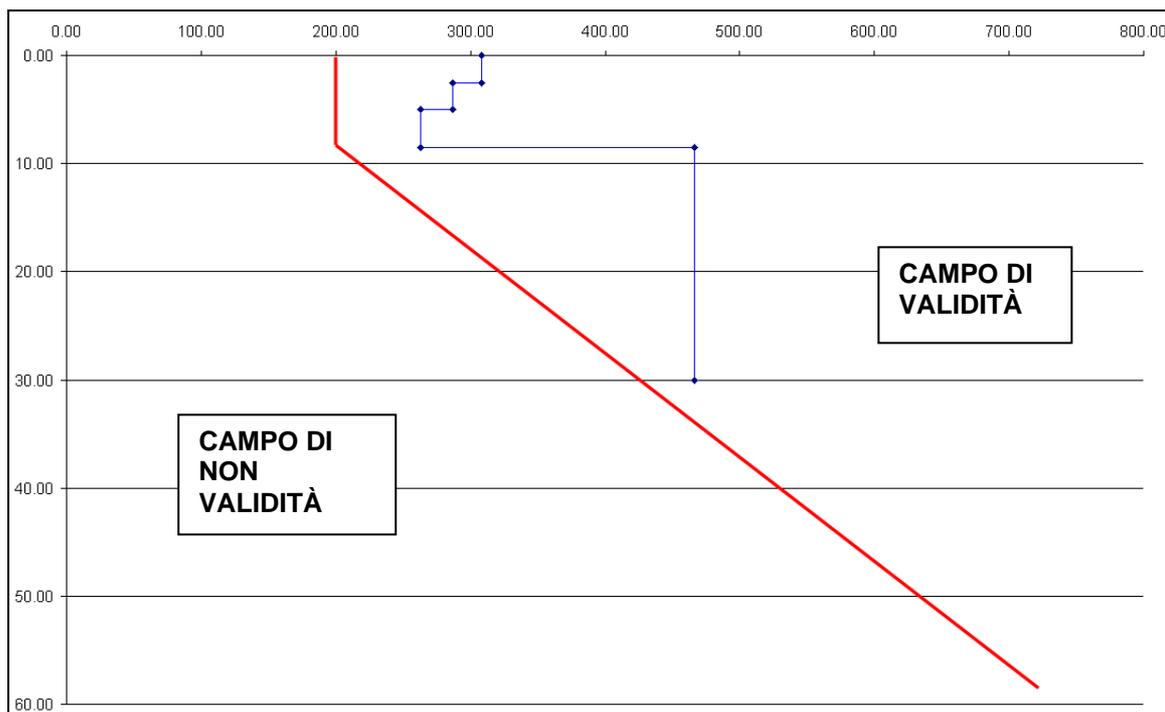


Grafico 9.2.5 - relativa alla "litologie limoso sabbioso- tipo II" a cui sono stati sovrapposti i valori parziali di ogni intervallo di terreno in base alle Vs

Tutti i valori calcolati stanno "sopra" la linea rossa che divide il campo di validità dal campo di non validità per l'applicabilità a questo tipo di grafico.

Il fatto che questa scheda litologica soddisfi questo primo "vincolo", comporta che i valori delle Vs ricavati grazie allo stendimento in oggetto su terreni ascrivibili ai Calcari di Zebedassi, sono correlabili con la relativa scheda di riferimento per "litologie limoso sabbioso- tipo II".

Ora, all'interno di ogni scheda di valutazione, si sceglie, in funzione della velocità dello strato superficiale e del suo spessore, il colore della curva più appropriata per la valutazione della Fa che verrà poi scelta o nell'intervallo 0,1-0,5 s (riferito a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide) o nell'intervallo 0,5-1,5 s (si riferisce a strutture più alte e flessibili).

Per utilizzare correttamente l'abaco di fig.9.2.5, come vincolo viene posto che il primo abbia almeno 3 m di spessore. Se ciò non fosse si dovrebbe fare una media pesata dei primi 4 metri di terreno tenendo in dovute considerazioni gli spessori parziali con le rispettive velocità delle onde di taglio.

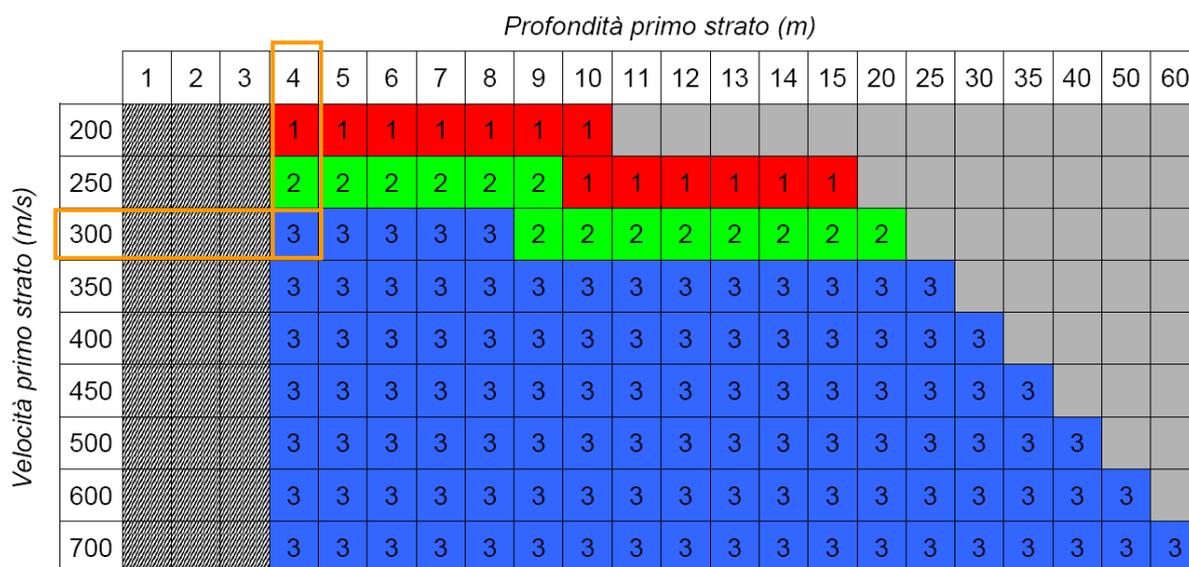


Figura 9.2.5 - Abaco che permette di individuare, in base al colore, la curva di riferimento per l'individuazione di Fa, grazie all'intersezione della profondità raggiunta dal primo strato e la sua velocità

Nel caso dello stendimento in questione, il primo strato ha una velocità assimilabile a 300 m/s; pertanto intersecando il valore di velocità riscontrata con la profondità a cui arriva (valutata in 4 m), si vede che ci troviamo nel campo 3 blu, che corrisponde alla curva 3 blu di figura 9.2.5.

Bisogna però trovare anche il periodo "T" relativo ad ogni sito. Esso, necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione, è calcolato incrementando (se già non l'avesse raggiunto) le velocità del terreno fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s; per la sua determinazione si utilizza la seguente equazione:

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

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

V_{s_i} = Velocità dell'onda di taglio i-esima

Questa formula ha permesso di calcolare per ogni stendimento il relativo periodo T, che è stato riportato nella seguente tabella:

Stendimento sismico	Valore del periodo T calcolato
Gravanago	0,44 s
Costa Cavalieri Est	0.46 s
Costa cavalieri Ovest	0.46 s
Sant'Eusebio	0.45 s

Tabella 9.2.5. - Valori dei periodi T calcolati in ciascun sito

Sapendo ora la velocità del primo strato, la sua curva di riferimento ed il valore del periodo T calcolato, si può trovare il valore di Fa utilizzando i seguenti abachi di riferimento per le litologie limoso sabbioso- tipo II, prima per quanto riguarda edifici bassi e poi edifici alti.

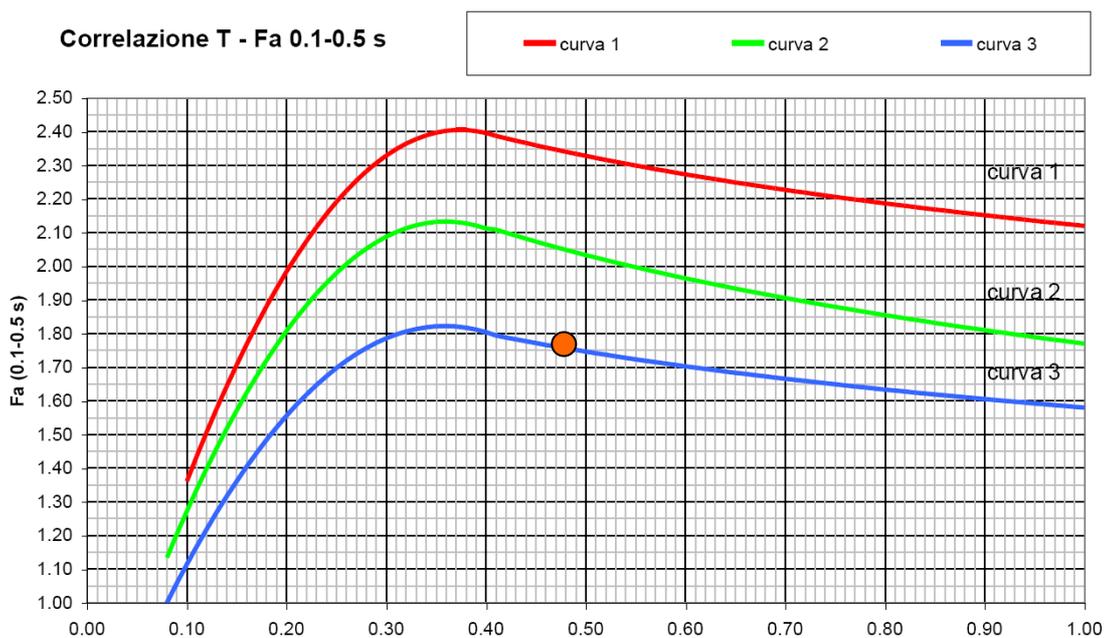


Figura 9.2.6 – Abaco di riferimento per le litologie limoso sabbioso- tipo II per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (edifici bassi)

Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s

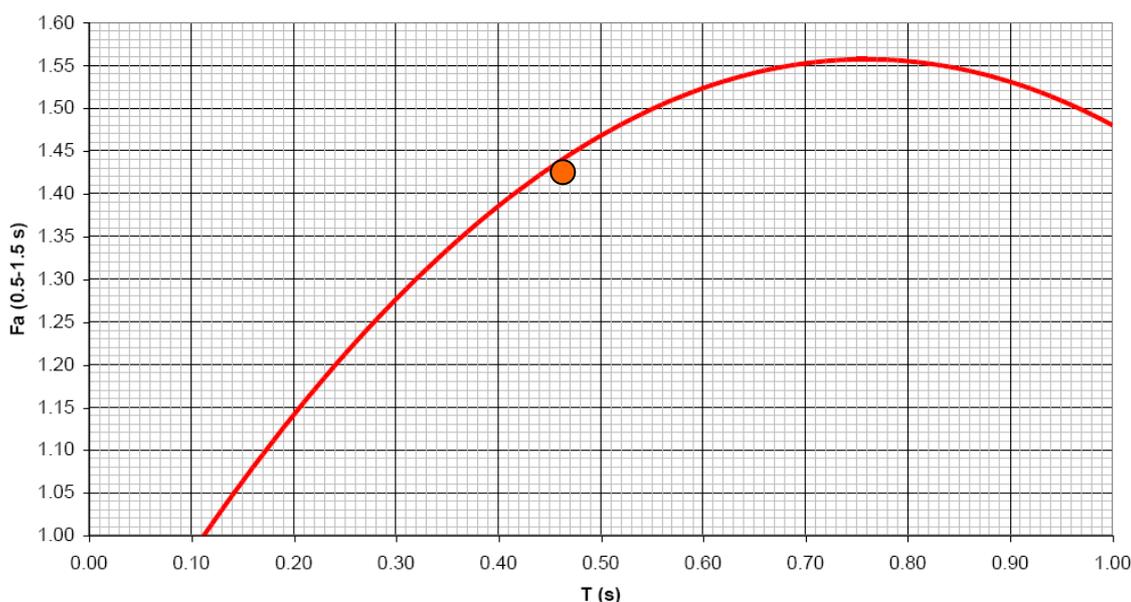


Figura 9.2.7 – Abaco di riferimento per le litologie limoso sabbioso- tipo II per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (edifici alti)

Con queste operazioni è stato possibile, per ogni stendimento, risalire al valore di Fa, calcolata dal punto di vista degli effetti litologici. Tali valori sono stati confrontati con quelli di soglia forniti dalla Regione Lombardia (suddivisi sulla base del tipo di suolo individuato grazie ai valori delle Vs30).

Le seguenti tabelle riprendono e mostrano i valori di Fa relativi ad ogni tipo di suolo individuati dalla Regione Lombardia per il comune di Fortunago per edifici bassi e per edifici alti:

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Fortunago	3	1.4	1.9	2.2	2.0

Tab. 9.2.8 - Valori di soglia di Fa per il periodo 0,1-0,5 s nel territorio di Fortunago in relazione al tipo di suolo (dati forniti da Regione Lombardia)

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Fortunago	3	1.7	2.4	4.2	3.1

Tab. 9.2.9 - Valori di soglia di Fa per il periodo 0,5-1,5 s nel territorio di Fortunago in relazione al tipo di suolo (dati forniti da Regione Lombardia)

Questa tabella invece mostra i valori di Fa calcolati all'interno del territorio comunale considerando gli effetti litologici:

Stendimento sismico	Valore di Fa calcolato edifici bassi	Valore di soglia per il tipo di suolo - 0.1-0.5 s	Valore di Fa calcolato edifici alti	Valore di soglia per il tipo di suolo - 0.5-1.5 s	Categoria di sottosuolo
Gravanago	1,8	1,4	1,4	1,7	B
Costa Cavalieri Est	1,7	1.4	1,45	1,7	B
Costa Cavalieri Ovest	1,7	1.4	1,45	1,7	B
Sant'Eusebio	1.8	1.9	1.4	2,4	C

Tab. 9.2.10 - Confronto tra i valori di Fa calcolati e quelli di soglia

Come si può osservare, in riferimento ad edifici bassi, i valori calcolati di Fa per un suolo di Tipo B sono superiori ai valori di soglia quella categoria di sottosuolo.

Pertanto nel caso del superamento di Fa calcolato rispetto al valore di soglia, la normativa regionale vigente prevede all'All. 5 "punto 2.2.2 Effetti litologici" due possibilità:

- il passaggio allo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore e, nel caso il valore fosse ancora superiore alla soglia, il passaggio alla categoria ulteriormente superiore;
- studio di terzo livello.

Nel nostro caso il valore di Fa calcolato risulta essere, per gli edifici bassi, superiore al valore di Fa di riferimento per la categoria del suolo B, pertanto si passa al suolo di categoria superiore C che ha un valore di Fa di soglia pari a 1,90 e che pertanto dovrà essere tenuto in considerazione in fase progettuale.

Nel caso di suolo C il valore di Fa calcolato è inferiore a quello di soglia e pertanto si mantiene in fase progettuale la categoria di sottosuolo individuata con l'indagine sismica.

Per quanto riguarda invece edifici alti (5 o più piani) i valori di Fa calcolati sono tutti più bassi del valore di riferimento e pertanto non si rende necessario né il passaggio a categorie di suoli successivi né studi di III livello di approfondimento.

Poiché, relativamente alle zone Z3, le aree interessate dall'approfondimento di II livello mediante l'esecuzione di stendimenti sismici, interferiscono con l'urbanizzato o l'urbanizzabile, si tengono in considerazione per quanto riguarda gli approfondimenti di II livello le prime risultanze in quanto più precise poiché realizzate a seguito di stese sismiche (prove dirette - attendibilità alta).

9.3. Studi di III livello

Il 3° livello si applica in fase progettuale agli scenari qualitativi suscettibili di instabilità (Z1b e Z1c), cedimenti e/o liquefazioni (Z2), per le aree suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) che sono caratterizzate da un valore di F_a superiore al valore di soglia corrispondente così come ricavato dall'applicazione del 2° livello.

Per le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (Z5) non è necessaria la valutazione quantitativa, in quanto è da escludere la costruzione su entrambi i litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo. Nell'impossibilità di ottenere tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio. I risultati delle analisi di 3° livello saranno utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.

Al fine di poter effettuare le analisi di 3° livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati:

1. *475-cod provincia.zip* contenente, per ogni comune, 7 diversi accelerogrammi attesi caratterizzati dal periodo di ritorno di 475 anni
2. *curve_lomb.xls* contenente i valori del modulo di taglio normalizzato (G/G_0) e del rapporto di smorzamento (D) in funzione della deformazione (Y), per diverse litologie.

9.4 Indagini ed approfondimenti in caso di costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti

Per edifici strategici o rilevanti, nel caso in cui il fattore di amplificazione F_a calcolato con il 2° livello risulti maggiore del valore soglia F_a comunale riportato nella banca dati della Regione Lombardia vi è l'applicazione immediata in fase progettuale del 3° livello sempre e comunque nelle aree PSL Z2, oltre che nelle zone PSL Z3 e PSL Z4. Tuttavia, poiché il Comune di Fortunago ricade in classe sismica III i tre diversi livelli di approfondimento sismico sono obbligatori per tutte le categorie di edifici.

10. VINCOLI ESISTENTI SUL TERRITORIO E CARTA DI SINTESI

Nella Carta dei Vincoli (Tav. 5 alla scala 1:10.000) sono stati riportati per ambiti omogenei tutti quei vincoli normativi di natura prettamente geologica o di tipo ambientale *sensu lato* che, interessando determinate aree del comprensorio comunale, che possono comportare delle limitazioni alla trasformazione d'uso. In seguito è stata redatta la Carta di Sintesi (Tav. 7a/7b alla scala 1:5.000) nella quale sono state rappresentate le aree omogenee definite in carta con porzioni di territorio (poligoni) caratterizzate da pericolosità geologico – geotecnica e vulnerabilità idraulica ed idrogeologica omogenee. La definizione di tali aree è stata effettuata a partire dall'analisi di tutti i dati raccolti ed illustrati nelle carte di inquadramento, ivi compresi i vincoli geologici e ambientali riportati nella Carta dei Vincoli.

10.1 Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

Le norme relative alla tutela delle acque captate da pozzi e sorgenti e "*destinate al consumo umano ed erogate a terzi mediante impianto di acquedotto che riveste carattere di pubblico interesse*", sono specificate all'art. 94 del D. lgs 152/06 e succ. mod. e integrazioni ed ulteriormente precisate dalle Linee Guida emanate con l'Accordo Tecnico della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato – Regioni - Province Autonome del 12-12-2002 (G.U. n. 2 03/01/2003) e dalle norme regionali di riferimento in materia (d.g.r. Lomb. n. 15137/96 e n.7/12693 dell'aprile 2003).

Le norme sopraccitate impongono la delimitazione delle captazioni in oggetto con aree di salvaguardia distinte in "Zona di Tutela Assoluta" e "Zona di Rispetto", definite come di seguito:

Zona di Tutela Assoluta: individua l'area immediatamente circostante la captazione o derivazione, ha un'estensione, nel caso di acque sotterranee, e per acque superficiali quando possibile, di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione, deve essere adibita esclusivamente alle opere di captazione e/o presa e a quelle di servizio; inoltre deve essere recintata e provvista di canalizzazione per l'allontanamento delle acque meteoriche.

Zona di Rispetto: è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta ed è sottoposta a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata. Può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e allargata in relazione alla tipologia dell'opera di captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio.

Ai sensi delle normative nazionali e regionali sopraccitate l'area di rispetto può essere delimitata:

- a) con criterio *geometrico* valido solo per le captazioni già esistenti e comunque ridefinibile su istanza del titolare della concessione;
- b) con criterio *temporale* valido per le nuove captazioni con acquifero vulnerabile;
- c) con criterio *idrogeologico* valido per le nuove captazioni con acquifero protetto.

La delimitazione secondo il criterio geometrico può essere adottata, in via cautelativa, in assenza di studi specialistici di dettaglio, solo per le captazioni già esistenti all'entrata in vigore delle citate normative; per i pozzi nuovi, invece, è obbligatorio effettuare specifici studi idrogeologici secondo le citate Linee Guida Nazionali e norme regionali (D.G.R. Lomb. n. 6/15137 del 1996) volti a definire il grado di protezione/vulnerabilità dell'acquifero e quindi a valutare quale tra i criteri indicati alle voci b) e c) deve essere applicato.

Nel caso specifico di Fortunago, trattandosi di pozzi/sorgenti esistenti all'entrata in vigore delle citate normative, le aree di rispetto sono state individuate con criterio geometrico; questo prevede, nel caso delle sorgenti implica l'adozione di un'area con raggio di 200 metri nel tratto a monte della sorgente avente come limite inferiore l'isoipsa su cui giace la sorgente.

Nella zone di rispetto, ai sensi delle norme nazionali (v. D. lgs. 152/2006 art. 94 c. 4 e succ. mod. ed integr.), sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- a) *dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;*
- b) *accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;*
- c) *spandimenti di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;*
- d) *dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali o strade;*
- e) *aree cimiteriali;*
- f) *apertura di cave che possano essere in connessione con la falda;*

- g) *apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali - quantitative della risorsa idrica;*
- h) *gestione di rifiuti;*
- i) *stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;*
- l) *centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;*
- m) *pozzi perdenti;*
- n) *pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. E' comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.*

Per insediamenti o attività preesistenti, nei casi possibili e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, la norma nazionale prevede che siano adottate misure per il loro allontanamento, ed in ogni caso deve esserne garantita la messa in sicurezza.

E' previsto inoltre che le Regioni, come da d.g.r. Lomb. n. 7/12693 dell'aprile 2003, disciplinino all'interno delle zone di rispetto le seguenti strutture o attività:

- a) fognature;
- b) edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
- c) opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio;
- d) pratiche agronomiche e contenuti dei piani di utilizzazione di cui alla lettera c del comma 4 del D. Lgs 152/2006).

Nel caso di studio, trattandosi di aree di rispetto delimitate con criterio geometrico, gli interventi di cui ai punti precedenti possono essere autorizzati solo in seguito all'esito favorevole di uno specifico studio idrogeologico, idrochimico, microbiologico ed ambientale per singola captazione da svolgersi in sede autorizzativa degli interventi ai sensi delle specifiche previste dalla d.g.r. Lomb. 6/15137 del 1996..

10.2 Vincoli sul reticolo idrico

Per quanto riguarda la vincolistica vigente sui corsi d'acqua principali, l'unico corso d'acqua presente entro il comprensorio comunale ascritto all'elenco dei Corsi d'acqua Principali di cui all'Allegato A della D.G.R. del 22 dicembre 2011 n° 92762 è il Torrente Ardivestra, per il quale sussiste un vincolo idrogeologico definito dalla fascia di rispetto assoluta di 10 m, misurata dall' orlo superiore della scarpata, interdetta all'edificazione, ai sensi dell'art. 96 del R.D. 25/07/1904, n. 523.

Per suddetto corso d'acqua sussiste un vincolo paesaggistico definito entro le relative sponde o piede degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna ai sensi dell'articolo 142 comma 1c D.Lgs 42/2004. Tale vincolo sussiste, come indicato da PTCP di Pavia, anche per il Torrente Schizzola.

Per quanto riguarda tutti gli altri corsi d'acqua del comprensorio comunale, non essendo attualmente esistente uno Studio sul Reticolo Idrico Minore, sussistono i vincoli del R.D. 368/1904 e del R.D. 523/1904 (fascia di rispetto assoluta di 10 m dall' orlo superiore della scarpata).

10.3. Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89 integrata con l'aggiornamento del quadro del dissesto

Come disposto dalla direttiva regionale, nella Carta dei Vincoli è stato riportato il quadro del dissesto contenuto nell'Elaborato 2 Allegato 4 (Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici – Foglio 178 Sezione I – Montalto Pavese e Foglio 178, Sezione IV - Voghera) del P.A.I. adottato con delib. C.Ist. Aut. di Bacino F. Po n°18 del 26/04/2001, opportunamente aggiornato, in ottemperanza a quanto indicato dall'art. 18 delle N.d.A. del PAI, attraverso il censimento di ulteriori fenomeni di dissesto franoso individuati nello svolgimento del presente studio e di aree di esondazione del T. Ardivestra.

Per le frane attive Fa sussistono le seguenti prescrizioni di cui all'art.9 comma 2 delle NdA del PAI, che dice che *fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Fa sono esclusivamente consentiti:*

- *gli interventi di demolizione senza ricostruzione;*
- *gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alla lettera a) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;*
- *gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;*
- *gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;*
- *le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;*
- *le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;*
- *la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.*

Il comma 3 dell'art.9 delle NdA del PAI, dice che: *nelle aree Fq, oltre agli interventi di cui al precedente comma 2, sono consentiti:*

- *gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;*
- *gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienicofunzionale; - gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di edifici esistenti, nonché di nuova costruzione, purchè consentiti dallo strumento urbanistico adeguato al presente Piano ai sensi e per gli effetti dell'art. 18, fatto salvo quanto disposto dalle linee successive;*
- *la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e l'ampliamento di quelli esistenti, previo studio di compatibilità dell'opera con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente; sono comunque escluse la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22. E' consentito l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi dello stesso D.Lgs. 22/1997 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 del D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.*

Ai sensi del art. 9 comma 4 delle NdA del PAI, si stabilisce che: nelle aree Fs compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.

Per quanto riguarda le aree di esondazione si definisce che fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ee sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;
- l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo

11. CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA

Il confronto e le relazioni reciproche tra le carte di base sin qui descritte porta all'elaborazione di uno strumento cartografico riassuntivo chiamato Carta di Fattibilità Geologica o di Idoneità Geologica all'Utilizzazione Urbanistica, nel quale il territorio viene distinto in aree omogenee in funzione del grado e del tipo di rischio ambientale cui esso è sottoposto.

La direttiva regionale, D.G.R. Lomb. n. IX/2616 del 30/11/2011 (Aggiornamento dei "criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art.57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005 n.12) propone quattro classi (I, II, III, IV) per meglio definire l'idoneità all'utilizzo urbanistico del territorio.

In base alla D.G.R. sopra citata è stata applicata una retinatura trasparente su tutto il territorio comunale di Fortunago in corrispondenza degli scenari di pericolosità sismica locale, individuati in base allo studio sismico di I° livello. Nella fattispecie si riscontrano 8 scenari: Z1a, Z1b, Z1c, Z3a, Z3b, Z4a, Z4d e Z5.

Si evidenzia che, come indicato nel paragrafo 3.2 "Indicazioni per l'attribuzione delle classi di fattibilità" della D.G.R. Lomb. n. IX/2616 del 30/11/2011, non è più richiesta l'individuazione nella carta di fattibilità *dei perimetri delle aree di tutela assoluta e di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile, delle fasce di rispetto del reticolo idrico principale e minore nonché dei cimiteri e dei depuratori, in quanto soggetti a specifica normativa.*

Di seguito vengono illustrate nel dettaglio le diverse classi e relative sottoclassi individuate sul territorio.

11.1 Classe III: Fattibilità con consistenti limitazioni

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

La classe III è quindi stata assegnata a quelle aree, urbanizzate e non, in cui sono presenti più fattori limitativi all'espansione a scopi edificatori ed in particolare:

- aree di versante potenzialmente interessabili da fenomeni di dissesto;
- aree di frana stabilizzata (Fs) o relitta;

Per le aree ricadenti in tale classe il professionista deve definire puntualmente per eventuali previsioni urbanistiche le opere di mitigazione del rischio da realizzare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori e nel caso non disponga di tali informazioni dovrà programmare indagini e approfondimenti specifici ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008, in relazione alle problematiche specifiche evidenziate per le diverse sottoclassi.

Nelle Normative di Piano vengono meglio puntualizzate le attività consentite o vietate nelle diverse sottoclassi individuate e le modalità cui la loro realizzazione è subordinata. Di seguito vengono descritte le due sottoclassi che sono state distinte nell'ambito della classe 3 in relazione ai diversi specifici fattori riconosciuti come limitativi alla trasformazione d'uso del suolo.

Classe III a – Zone di versante potenzialmente interessabili da fenomeni di dissesto e / o zone di crinale comprese tra aree franose con diverso stato di attività e con possibile presenza di circolazione idrica sotterranea prossima al piano campagna

Tale classe occupa gran parte del territorio comunale e nello specifico quelle aree non edificate o localmente edificate (zone di crinale con possibile presenza di locali falde sospese) in cui le limitazioni alla trasformazione d'uso del suolo sono dovute soprattutto, alla presenza nell'immediato intorno, di corpi di frana attivi o riattivabili, oltre che dalla presenza di materiali complessivamente scadenti dal punto di vista geotecnico. L'evoluzione fenomeni franosi adiacenti può, nel tempo, in assenza di specifici interventi di mitigazione del rischio, compromettere la stabilità delle infrastrutture esistenti e di quelle di eventuale nuova realizzazione nelle aree attualmente non coinvolte nel dissesto. Al contempo l'edificazione non accorta nelle aree appartenenti alla presente sottoclasse, potrebbe aggravare lo stato di instabilità delle frane adiacenti, accelerando l'evoluzione del dissesto e/o innescandone l'attivazione.

Classe III b – Zone interessate dalla presenza di frane stabilizzate o relitte

Comprende quelle aree ove sussistono fenomeni franosi per i quali le cause responsabili del movimento gravitativo sono state definitivamente rimosse o a seguito di interventi artificiali o a seguito di evoluzione naturale, o quelle aree ove il fenomeno franoso si è sviluppato in condizioni geomorfologiche o climatiche considerevolmente diverse dalle attuali.

Si tratta in particolare, di aree inedificate o edificate in cui le limitazioni geologico-tecniche alla fattibilità sono imputabili essenzialmente alla presenza di frane stabilizzatesi o per evoluzione naturale o a seguito di interventi di bonifica/risanamento o ancora di interventi di completa trasformazione morfologica del territorio.

Trattasi di zone impostate in corrispondenza di terreni riferibili sia alla copertura eluvio-colluviale che al primo substrato in posto, aventi proprietà fisico-meccaniche decisamente scadenti in quanto sottoposti in passato a mobilitazione gravitativa su versante e a parziale rimaneggiamento a seguito di interventi antropici.

11.2 Classe IV: Fattibilità con gravi limitazioni

Questa classe comprende aree a grado di pericolosità tale da porre gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso.

In tale aree si hanno gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica di destinazione d'uso. E' esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica. Per gli edifici esistenti è consentita la sola demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento senza aumento di volume o superficie.

La classe IV è stata distinta in cinque sottoclassi in funzione dei differenti fattori limitativi all'edificazione o all'attuazione di interventi di trasformazione d'uso dei suoli.

Classe IV a - Aree interessate da movimenti franosi attivi

Comprende le zone del comprensorio comunale interessate da fenomeni franosi in atto al momento del rilevamento e che evidenziano indizi recenti di attività (Fa).

Classe IV b - Aree interessate da movimenti franosi quiescenti

Comprende le zone del comprensorio comunale interessate da fenomeni franosi che, pur non presentando indizi di attività in tempi recenti, possono essere riattivati dalle stesse cause che ne hanno determinato il movimento iniziale (Fq).

Classe IV c – Fasce di rispetto dei corsi d'acqua comunali

Comprende gli impluvi dei corsi d'acqua pubblici e le relative aree di rispetto ad essi adiacenti sottoposte ai vincoli di polizia idraulica previsti dal R.D. 523/1904. Tali aree, in cui è interdetta l'edificazione ai sensi dell'art. 96 del R.D. n°523/1904, sono state definite con un'ampiezza di 10 m misurata dal ciglio della scarpata sommitale dei corpi idrici secondari così come per il corsi d'acqua principali (Torrente Ardivestra).

Classe IV d – Aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata (Ee)

In tale classe ricadono anche le aree di esondazione a "pericolosità molto elevata Ee" del T. Ardivestra. Quest'area è attualmente occupata dal Torrente Ardivestra ed è sede del deflusso della piena ordinaria, essa comprende l'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena. In tali aree valgono le prescrizioni dell'art.9 delle N.T.A. del P.A.I.

Classe IV e – Aree di pertinenza del torrente Ardivestra (Alveo attivo)

In tali aree ricade l'area di pertinenza del Torrente Ardivestra sede prevalente del deflusso della piena ordinaria.

Voghera, dicembre 2013

Il professionista incaricato
Dott. Geol. Giovanni Barbieri