

3 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE REGIONALE

Il territorio comunale oggetto del presente studio si colloca nel settore centro-meridionale del Bacino Terziario Ligure Piemontese, nella zona sud-orientale della Provincia di Asti. Per comprendere l'evoluzione geologica della regione in esame occorre brevemente riassumere la serie di eventi che hanno contribuito all'assetto geologico strutturale odierno.

La fase distensiva iniziata nel Triassico superiore porta all'apertura di un bacino di tipo oceanico denominato, nell'area in esame, Oceano Ligure Piemontese. Nel Giurassico superiore segue poi la fase regressiva che si protrarrà per tutto il Cretaceo e buona parte del Terziario determinando la formazione di un bacino di tipo sedimentario-detritico: il Bacino Terziario Ligure Piemontese, nel quale si depositano, dal Paleocene al Miocene superiore, una serie di sedimenti arenacei, marnosi ed evaporitici testimoniando la fase regressiva in atto.

Nell'Oligocene inferiore prevalgono, sia nelle Langhe che nel Monferrato, facies continentali, costiere e di mare basso, mentre al limite Oligocene inferiore – superiore si imposta una sedimentazione di mare aperto.

Questo drastico cambiamento può essere ritenuto indicativo del definitivo coinvolgimento della regione nelle vicende della catena appenninica il cui fronte si suppone situato all'altezza di Asti.

Nell'Aquitano la deformazione raggiunge il Monferrato completandosi nel Burdigaliano. Di conseguenza, a partire dal Miocene inferiore, il Bacino Terziario Piemontese può essere considerato come un bacino satellite di grandi dimensioni.

Nel Langhiano le facies di piattaforma si estendono a tutto il Monferrato mentre, passando al Serravalliano, il margine interno del Bacino si deforma passivamente. Tale deformazione comporta anche un brusco spostamento verso N del Bacino stesso, che si trasferisce all'altezza di Asti – Alessandria.

Nel Monferrato i movimenti tardivi sono caratterizzati dagli "onlap" progressivi delle unità tortoniane, messiniane e plioceniche sui fianchi delle strutture positive e da transpressione su direttrici WNW-ESE (prosecuzione occidentale della linea tettonica Villalvernia-Varzi), (Falletti & Al., 1994).

Dal Pliocene, quindi, con la definitiva chiusura del Bacino Terziario Ligure-Piemontese che ha visto la deposizione delle "Argille di Lugagnano" prima e delle "Sabbie di Asti" poi, tutti i processi erosionali e deposizionali avverranno in ambiente subaereo, testimoniati dalla

sedimentazione continentale del “Complesso Villafranchiano” e dei “Depositi fluviali terrazzati” post-villafranchiani.

In definitiva l'attuale assetto strutturale dell'area è dovuto alla convergenza delle catene alpina ed appenninica, che ha dato origine ad una struttura sinclinale con giacitura assai blanda nella zona centrale: Collina di Torino e Monferrato, a Nord, e Langhe, a Sud, rappresentano rispettivamente i fianchi della sinclinale, la quale fino a Poirino presenta l'asse orientato E-W per poi assumere una direzione NE-SW: il territorio comunale di Calamandrana è compreso nel fianco meridionale di questa struttura sinclinale all'interno del dominio tettono-stratigrafico delle Langhe.

3.1 - Assetto litostratigrafico locale

L'area in studio presenta in affioramento sia litotipi di età miocenica riferibili al periodo Terziario sia terreni più recenti attribuibili ai depositi alluvionali databili tra il Pleistocene e l'Olocene: questi ultimi si riscontrano esclusivamente lungo il fondovalle del torrente Belbo, pertanto i depositi terziari occupano la quasi totalità del territorio comunale.

Nell'insieme i litotipi miocenici sono costituiti da livelli sabbioso-arenacei talora ghiaiosi alternati ad orizzonti marnosi. Le differenti caratteristiche geotecniche dei terreni danno origine a versanti caratterizzati da pendenze più accentuate in corrispondenza dei litotipi a prevalente componente granulare (sabbie e ghiaie) e più blande ove prevale la componente marnosa a causa della maggiore erodibilità di quest'ultima.

La successione stratigrafica locale, in accordo con la cartografia geologica ufficiale (Foglio n° 69, Asti, della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000) è rappresentata, in ordine cronostatigrafico dal più recente al più antico, da:

- ✓ **Alluvioni attuali degli alvei dei corsi d'acqua** (Olocene): presenti principalmente lungo l'alveo del Torrente Belbo, risultano costituite principalmente da depositi sabbioso-limosi di colore tabacco e debolmente reinciati dall'erosione fluviale successiva alla deposizione stessa.

I materiali di trasporto dell'attività dei corsi d'acqua hanno interessato ripetutamente l'intera pianura di Calamandrana: anche laddove l'attività non è descrivibile se non

con l'analisi storica fornita dalla letteratura, risulta comunque un elevato trasporto solido in tutti gli eventi alluvionali anche se non sempre con la medesima intensità.

✓ **Alluvioni prevalentemente argillose appartenenti in parte alle alluvioni postglaciali, in parte al Fluviale recente** (Pleistocene – Olocene): il Comune di Calamandrana è

attraversato da cinque vallate principali, rispettivamente quelle del torrente Belbo, del rio Garbazzola, del rio Chiozze, del rio Paniola ed infine del rio S. Giovanni, nonché da quelle di alcuni tributari minori.

Nell'ambito del territorio comunale tali depositi affiorano lungo tutta la Valle Belbo, la valle Paniola e Milani e la valle di S. Giovanni, mentre nelle restanti incisioni sono presenti esclusivamente nei settori terminali delle vallate.

Si tratta di depositi non ben distinguibili perché non terrazzati o terrazzati in modo poco chiaro ed in parte antropizzati, per cui risulta di difficile delimitazione il limite tra le ultime alluvioni legate alle glaciazioni (Fluviale Recente) e quelle postglaciali.

Per quanto riguarda la litologia, si ha ovunque una base di ghiaie e sabbie di colore grigio con alcuni ciottoli i quali rappresentano il primo riempimento successivo ad un'ondata erosionale ad alta energia. Sopra tali livelli che ricoprono il substrato terziario si hanno orizzonti di sabbie, di colore nocciola o grigio con un aumento della frazione fine verso l'alto, ovvero di limi ed argille che in taluni casi possono testimoniare la presenza di antichi suoli.

✓ **Marne di S. Agata Fossili** (Miocene Superiore): marne più o meno sabbiose grigio-azzurre con locali intercalazioni sabbioso-conglomeratiche (Tortoniano). Tale formazione si presenta con una stratificazione mal distinta e, nell'ambito del territorio comunale, appare perlopiù ricoperta da una copertura eluvio-colluviale talora caratterizzata da spessori notevoli.

Tale formazione occupa la parte settentrionale del territorio di Calamandrana, dove si registra una generale mancanza o scarsità di affioramenti dovuta alla presenza di una potente coltre di alterazione e di suolo agrario, per cui il substrato geologico è osservabile solamente in occasione di sbancamenti, anche se il limite con la formazione sottostante è ben individuabile per le variazioni morfologiche del paesaggio.

I suoli sono in gran parte costituiti da depositi colluviali e copertura rimaneggiata a causa dei lavori agricoli, con diffusa instabilità dei medesimi, mentre l'areale di affioramento delle *Marne di S. Agata Fossili* si presenta già discretamente edificato e si presta ad un moderato incremento della stessa densità edilizia con interventi particolarmente incentrati nelle zone più sicure, come le cime dei rilievi, le dorsali od altri casi di siti particolarmente idonei (versanti localmente poco acclivi, alcune basi dei medesimi, giacitura favorevole, ecc.).

- ✓ **Arenarie di Serravalle** (Miocene Medio): marne argillose, arenarie e sabbie in strati sottili (parte sommitale); arenarie e sabbie alternate a marne con locali intercalazioni conglomeratiche (Serravalliano). Tale formazione affiora in gran parte del territorio collinare, in particolare in tutto il settore centrale e quello meridionale del territorio comunale.

Le *Arenarie di Serravalle* si estendono, come molte altre formazioni del Bacino Terziario Ligure-Piemontese, in una fascia assai estesa tra la sinclinale astigiana, al centro del Bacino, ed il suo bordo meridionale. Esse sovrastano in successione stratigrafica la formazione delle *Marne di Cessole*, con locali eteropie, mentre il loro limite superiore (che interessa estesamente il territorio comunale) è costituito da una breve transizione stratigrafica con le *Marne di S. Agata Fossili*.

Il territorio di Calamandrana mostra delle esposizioni denudate, anche ampie, principalmente a Sud del T. Belbo, che consentono l'affioramento delle rocce in questione; viene così mostrata la parte superiore della formazione costituita da strati con spessore decimetrico limitati da superfici di stratificazione piano-parallele continue che immergono debolmente verso NE ($10^{\circ} \div 15^{\circ}$ di massima pendenza) con leggere oscillazioni o dispersioni.

- ✓ **Coltre eluvio-colluviale** (Olocene - Pleistocene): alla base dei rilievi collinari delimitanti le principali vallate che interessano il territorio comunale e nei fondovalle dei rii secondari sono stati individuati depositi di origine eluvio-colluviale a matrice prevalentemente limoso-argillosa, derivanti dall'alterazione delle formazioni geologiche affioranti negli stessi rilievi.

Tali terreni sono costituiti principalmente da argille residuali normal-consolidate e

presentano potenze comprese tra 2 e 6 m.

Si riscontra anche nei settori collinari, principalmente nelle aree di affioramento delle *Marne di S. Agata Fossili* dove, localmente, presenta potenze considerevoli.

4 - LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

Dal punto di vista geomorfologico generale l'area in esame è localizzata in corrispondenza del settore settentrionale delle "Langhe", laddove i rilievi del Monferrato hanno lasciato gradatamente il posto ai tipici lineamenti che costituiscono il paesaggio di tale settore della Provincia di Asti: i rilievi collinari sono infatti caratterizzati da pendenze generalmente elevate al contrario delle moderate acclività che si rilevano procedendo verso Nord. Tale variazione nelle condizioni di acclività è da ricercarsi nella tipologia dei terreni affioranti che, nel settore in esame, sino in sinistra orografica della valle del Torrente Nizza sono ancora rappresentati dai depositi pliocenici del Bacino di Asti mentre, a partire dalla fianco destro della stessa valle e procedendo verso Sud, sono costituiti dalle formazioni marnose ed arenacee oligoceniche e mioceniche caratterizzate da resistenze più elevate.

I rilievi collinari risultano separati da valli sovradimensionate rispetto il reticolato idrografico attuale nelle principali delle quali affiorano i depositi alluvionali pleistocenici ed olocenici che localmente si presentano terrazzati.

L'attività geodinamica ed i fenomeni di modellamento superficiale ad opera del reticolato idrografico discussi precedentemente hanno influenzato l'attuale geomorfologia dell'area: la zona di indagine presenta la tipica morfologia a "cuestas", cioè risulta formata da una serie di versanti lunghi e poco inclinati (assetto a franapoggio), spesso, anche se non sempre, coincidenti con l'andamento degli strati; i versanti opposti si presentano molto più inclinati e con strati a reggipoggio: questa morfologia è tipica di tutte le "Langhe".

Un paesaggio di questo tipo si origina da un basculamento generale, cioè un'oscillazione di una regione con strati originariamente orizzontali, come quella del Bacino Terziario Piemontese, che attualmente presenta una struttura monoclinale.

4.1 - Assetto geomorfologico ed idrografico locale

Il territorio del Comune di Calamandrana si colloca nel settore meridionale della Provincia di Asti e presenta morfologia in gran parte collinare: il risultato dell'azione erosiva delle acque è rappresentato da rilievi collinari caratterizzati da profilo trasversale irregolare ed

asimmetrico: tale morfologia ondulata, unitamente all'assetto monoclinale delle unità stratigrafiche, governa il deflusso superficiale che infatti si sviluppa lungo direttrici preferenziali.

Dal punto di vista orografico il settore meridionale del territorio in esame presenta pendii piuttosto acclivi, caratterizzati localmente da valori di pendenza maggiori a 35°: questo aspetto morfologico è dovuto alla presenza di rocce più resistenti (Arenarie di Serravalle) che hanno dato luogo a forti incisioni dei corsi d'acqua in corrispondenza delle testate dei principali assi drenanti, con notevoli rotture di pendenza o accumuli sui versanti di coltri di alterazione molto potenti e caratterizzate da una morfologia ondulata, la quale testimonia antiche mobilizzazioni del suolo.

Al contrario il settore settentrionale, corrispondente agli areali di affioramento delle *Marne di S. Agata Fossili*, si presenta caratterizzato da acclività più moderate, in quanto la natura litologica di questa formazione geologica favorendo i processi erosivi genera rilievi meno elevati e più tondeggianti che consentono lo sviluppo di una coltre di alterazione e di un suolo assai potenti.

Altra influenza delle caratteristiche morfologiche dei rilievi è la disposizione degli strati, ove questi sono a reggipoggio i versanti si presentano piuttosto acclivi, al contrario i versanti a franapoggio si sviluppano su distanze più estese e con pendenze meno accentuate: tale differenza è maggiormente apprezzabile nell'areale di affioramento delle *Arenarie di Serravalle* caratterizzato dalla tipica morfologia a "cuestas".

Infine il settore centro-settentrionale del territorio comunale presenta morfologia più depressa in quanto solcato dal torrente Belbo che percorre un'ampia valle che in gran parte del territorio divide i due contesti orografici precedentemente descritti.

Dal punto di vista idrografico il torrente Belbo rappresenta sicuramente l'arteria di drenaggio principale del settore in esame e come già detto precedentemente forma una piana, di ampiezza massima di circa 1.400 m, che attraversa l'intero territorio da SW a NE: tale andamento è grosso modo analogo a quello dei valori di giacitura delle strutture geologiche presenti, che presentano immersione verso NE e valori di inclinazione compresi tra 10° e 15° (cfr. Allegato 1 - "Carta Geologico-Strutturale" degli elaborati geologici a corredo del P.R.G.C.).

Il torrente Belbo ha origine in corrispondenza dello spartiacque che separa il Piemonte dalla Liguria, circa a quota di 867 m s.l.m., tra i comuni di Montezemolo e Roccavignale e confluisce, dopo aver percorso circa 90 km nel fiume Tanaro in comune di Oviglio (AL), a quota di 90 m s.l.m. .

A monte dei comuni di Bossolasco e Niella Belbo esso scorre da SE verso NW, per poi piegare verso NE, fino alla confluenza in Tanaro.

Il bacino del Belbo si sviluppa entro un'area interamente collinare (Colline delle Langhe e del Monferrato) geologicamente riferita al Bacino Terziario Ligure Piemontese. A partire dalla testata sino in corrispondenza di Nizza Monferrato il bacino risulta modellato in depositi sedimentari dell'Oligo-Miocene delle Langhe (il comune di Calamandrana ricade proprio in questo contesto), costituiti essenzialmente da successioni ritmiche di litotipi marnoso-siltosi ed arenaceo-sabbiosi.

Nella parte alta del bacino l'assetto strutturale appare relativamente semplice, in quanto caratterizzato da superfici di stratificazione con immersione verso N-NW e debole inclinazione; tale assetto risulta chiaramente condizionante le forme del rilievo e la distribuzione dei processi di dissesto in corrispondenza di versanti diversamente orientati.

L'orientazione delle incisioni del reticolo idrografico principale e secondario risulta verosimilmente condizionata dalla presenza di sistemi di discontinuità (giunti e faglie), nonché da processi di cattura.

A valle di Nizza Monferrato il torrente scorre nelle formazioni plioceniche, mentre il tratto terminale sino alla confluenza si svolge entro i depositi alluvionali quaternari della Pianura Alessandrina.

Il torrente Belbo scorre nel territorio comunale con un alveo ad andamento sinuoso, ovvero con ampie anse e con passate divagazioni riscontrate in tracce molto chiare e nette.

Il canale è approfondito rispetto al piano di campagna e, a differenza dell'alveo che si riscontra a monte di S. Stefano Belbo, diminuisce il numero delle isole o barre vegetate con un canale di deflusso molto regolare e modellato.

Nell'ambito del territorio comunale in esame il reticolato idrografico secondario, risulta orientato circa ortogonalmente l'asta principale del Belbo e quasi tutti i corsi d'acqua sottendono modesti bacini idrografici che nel caso dei rii Garbazzola e Chiozze sono compresi per la quasi totalità all'interno del perimetro comunale, mentre solo i tratti terminali dei rii

Paniola e Milani sono presenti nella porzione SW del territorio comunale in corrispondenza di Fraz. S. Vito, infine insiste nel settore settentrionale una buona parte del bacino del rio di S. Giovanni.

Il reticolato idrografico definisce rilievi caratterizzati da spartiacque stretti, orientati circa NNW-SSE o NW-SE, dove insistono alcuni nuclei abitativi: tra questi, quelli più importanti sono rappresentati sia dall'abitato comunale più antico di Calamandrana Alta (316 m s.l.m.), sia da Fraz. Bruciati (272 m s.l.m.).

Gli altri principali insediamenti abitativi insistono in settori di fondovalle e/o di raccordo con i versanti: in particolare la Fraz. Quartino si sviluppa lungo la S.S. N° 592 che corre gran parte sul fondovalle del Belbo in destra orografica; la Fraz. San Vito collocata sempre lungo la medesima strada statale, ma in corrispondenza dei fondovalle dei rii Paniola e Milani, ed infine l'abitato di Valle S. Giovanni, che si estende lungo la Strada Provinciale da San Marzano a Calamandrana, insiste in sponda sinistra del rio San Giovanni.

5 - CARATTERISTICHE GEOTECNICHE ED GEOIDROLOGICHE DEI TERRENI

Dal punto di vista geotecnico le due formazioni geologiche mioceniche presenti nell'ambito del territorio comunale sono state accorpate in un'unica unità con caratteristiche fisiche e comportamento geomeccanico assimilabile: in definitiva si tratta di alternanze di strati sabbiosi con un buon grado di addensamento ed orizzonti marnoso-argillosi provvisti di una buona resistenza al taglio non drenata.

Di seguito si riportano brevemente le caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi presenti:

DEPOSITI ALLUVIONALI QUATERNARI RECENTI

Generalmente costituiti da una frazione coesiva, rappresentata da argille ed argille limose, con consistenza da fluido-plastica a plastica, e da una frazione non coesiva, rappresentata da limi sabbiosi, sabbie limose e subordinati orizzonti ghiaiosi, da sciolti a mediamente addensati. Nell'insieme costituiscono un ammasso eterogeneo permeabile per porosità costituito da differenti materiali con pezzatura e grado di cementazione variabile: sono terreni generalmente caratterizzati da bassi valori di capacità portante nelle porzioni sommitali prevalentemente coesive, comunque estremamente variabili in funzione dell'assetto litostratigrafico di dettaglio.

Dal punto di vista geoidrologico tali depositi, caratterizzati da buona conducibilità idraulica, ospitano, negli orizzonti più permeabili una falda acquifera a superficie libera in equilibrio idrodinamico con il livello del reticolato idrografico principale: secondo i dati riportati nell'Allegato 2 – "Carta Geoidrologica" a corredo del P.R.G.C. i valori di soggiacenza della falda si attesterebbero ad una quota compresa tra 3 e 6 m dal piano campagna, inoltre l'andamento delle curve isopiezometriche indicano un drenaggio verso il corso del torrente Belbo.

Ai terreni di tale litotipo si possono attribuire i seguenti parametri geotecnici indicativi:

TERRENI ARGILLOSI

Parametrizzazione geotecnica in condizioni a breve termine

$$c_u = 0,20 - 0,40 \text{ kg/cm}^2 (20 - 40 \text{ kPa});$$

$$\varphi_u = 0^\circ;$$

$$\gamma = 1,7 - 1,8 \text{ t/m}^3 (17 - 18 \text{ kN/m}^3).$$

TERRENI SABBIOSI

Parametrizzazione geotecnica in condizioni a lungo termine

$$\begin{aligned}c' &= 0,0 \text{ kg/cm}^2 (0 \text{ kPa}); \\ \varphi' &= 23^\circ - 27^\circ; \\ \gamma &= 1,7 - 1,9 \text{ t/m}^3 (17 - 19 \text{ kN/m}^3).\end{aligned}$$

UNITÀ MIOCENICA

Costituita da marne sabbiose, marne argillose, arenarie, sabbie ed intercalazioni conglomeratiche. Complesso generalmente stratificato con giacitura monoclinale a modesta inclinazione; costituisce un ammasso caratterizzato da discontinuità singenetiche (giunti di stratificazione) e comportamento fisico non omogeneo (dipendente dalla stratificazione e dalle condizioni di giacitura), discontinuo, tendenzialmente elasto-plastico.

I litotipi delle varie facies hanno differente comportamento geotecnico in quanto si passa da rocce coerenti (per gli strati arenacei o arenaceo-pelitici più cementati) a semicoerenti (rocce con legami cementizi molto scarsi o semplicemente ben compattate, come nel caso delle bancate sabbiose che divengono a volte incoerenti a contatto con gli agenti atmosferici) e, limitatamente, a pseudocoerenti (coerenti se asciutte ed incoerenti quando sono imbevute d'acqua, nel caso dei livelli più fini pelitici).

Dal punto di vista geoidrologico i terreni in esame sono caratterizzati da bassa permeabilità, salvo che per possibili locali infiltrazioni lungo giunti e piani di strato o all'interfaccia tra copertura detritica e substrato; talvolta, nei casi di versanti orientati favorevolmente, è possibile il verificarsi di fuoriuscite d'acqua, in ogni caso sempre di limitata portata.

Si rammenta che per quanto riguarda la valutazioni delle verifiche di sicurezza (capacità portante e verifiche di stabilità dei pendii) si dovrà tenere conto anche della disposizione geometrica degli strati e dell'angolo di attrito medio calcolato lungo le superfici dei giunti di stratificazione.

Nell'insieme a tali terreni si possono attribuire i seguenti parametri geotecnici indicativi:

TERRENI COESIVI

Parametrizzazione geotecnica in condizioni a breve termine

$$\begin{aligned}c_u &= 2,00 - 4,00 \text{ kg/cm}^2 (200 - 400 \text{ kPa}); \\ \varphi_u &= 0^\circ; \\ \gamma &= 2,1 - 2,2 \text{ t/m}^3 (21 - 22 \text{ kN/m}^3).\end{aligned}$$

TERRENI GRANULARI

Parametrizzazione geotecnica in condizioni a lungo termine

$$\begin{aligned}c' &= 0,2 - 0,3 \text{ kg/cm}^2 (20 - 30 \text{ kPa}); \\ \varphi' &= 30^\circ - 35^\circ; \\ \gamma &= 1,95 - 2,0 \text{ t/m}^3 (19,5 - 20 \text{ kN/m}^3).\end{aligned}$$

I valori dei parametri geotecnici forniti precedentemente si riferiscono ai terreni del substrato, sopra i quali è presente una coltre di copertura eluvio-colluviale costituita da argille limose e limi argillosi poco consistenti con subordinati limi sabbiosi scarsamente addensati.

A tali terreni si possono attribuire i seguenti parametri geotecnici indicativi:

Parametrizzazione geotecnica in condizioni a breve termine

$$\begin{aligned}c_u &= 0,20 - 0,30 \text{ kg/cm}^2 (20 - 30 \text{ kPa}); \\ \varphi_u &= 0^\circ; \\ \gamma &= 1,6 - 1,8 \text{ t/m}^3 (16 - 18 \text{ kN/m}^3).\end{aligned}$$

Parametrizzazione geotecnica in condizioni a lungo termine

$$\begin{aligned}c' &= 0,0 \text{ kg/cm}^2 (0 \text{ kPa}); \\ \varphi' &= 15^\circ - 20^\circ; \\ \gamma &= 1,6 - 1,8 \text{ t/m}^3 (16 - 18 \text{ kN/m}^3).\end{aligned}$$

Dove:

$$\begin{aligned}c_u &= \text{coesione non drenata}; \\ c' &= \text{coesione drenata}; \\ \varphi_u &= \text{angolo di attrito in condizioni non drenate}; \\ \varphi' &= \text{angolo di attrito in condizioni drenate}; \\ \gamma &= \text{peso di volume}.\end{aligned}$$

6 - VULNERABILITÀ DEL TERRITORIO COMUNALE

Il territorio comunale si presenta vulnerabile sia ai processi legati alla dinamica di versante sia ai fenomeni legati al reticolato idrografico: di seguito verranno descritte nel dettaglio le tipologie di dissesto presenti nell'area in studio.

6.1 - Eventi meteopluiometrici che hanno interessato il territorio comunale

Sulla base della documentazione bibliografica rappresentata dalla Banca Dati Geologica ed integrata da dati reperiti presso gli archivi degli Enti Pubblici (Biblioteca Comunale, A.R.P.A. Piemonte, Provincia di Asti, ecc.) è stato possibile riportare i principali eventi che storicamente hanno interessato l'area in studio:

- ✓ Alluvione 1948: allagamenti causati dal Torrente Belbo e dai rii minori come il Rio Garbazzola. I dati storici riportano come l'evento si sia verificato in due fasi comprese tra agosto e settembre. In settembre le acque di piena del Rio Garbazzola hanno esondato interessando l'abitato di Fraz. Berta provocando il crollo di quattro case, rendendone pericolanti altre quattro e provocando l'interruzione completa del transito lungo la strada Nizza-Canelli.
- ✓ Alluvione 1951: allagamenti presso Fraz. Quartino causati dal Torrente Belbo. Le acque di piena esondando si riversarono nell'abitato capoluogo, distruggendo e danneggiando numerosi fabbricati, in particolare nelle immediate vicinanze del Rio Rianone un fabbricato a seguito dei danni è risultato pericolante e inabitabile.
- ✓ Alluvione 1958: allagamenti presso Fraz. Quartino causati dal Torrente Belbo.
- ✓ Alluvione 1964: danni provocati dal Rio delle Chiozze, inoltre i dati storici riportano un movimento franoso in regione Toso che ha provocato il crollo di un'abitazione.
- ✓ Evento 1966: processi di versante in Valle San Giovanni.
- ✓ Evento 1972: processi di versante in Valle San Giovanni.
- ✓ Evento 1977: processi di versante in Valle San Giovanni.
- ✓ Eventi alluvionali nel bacino del Belbo nel 1978: allagamenti causati da piogge. Danni ai coltivi. Inoltre si registrano movimenti franosi in località San Giovanni tra la cascina Cappellana ed il sottostante centro abitato.

- ✓ Evento 1979: il susseguirsi di eventi calamitosi degli anni scorsi ha determinato un vasto movimento franoso che si diparte dalla strada Cappellana, completamente chiusa al traffico, e attraverso i vigneti tocca l'abitato di località San Giovanni dove alcuni edifici sono stati sgomberati perché minacciavano di crollare.
- ✓ Alluvione 1993: processi lungo i rii Garbazzola, Sabbioni ed in Valle San Giovanni.
- ✓ Alluvione del 1994: esonda il Belbo allagando il fondovalle in corrispondenza di Casevecchie, Bordino di Quartino, Strada Comunale Monforti, inoltre si registrano processi franosi impostati nei terreni della copertura superficiale. Si riporta inoltre un movimento franoso che ha interessato in tre tratti la Strada Comunale Mollia.
- ✓ Eventi meteopluviometrici tra il dicembre 2008 e l'Aprile 2009: cfr. capitolo seguente.

6.1.1 - Fenomeni franosi

Come già accennato il territorio comunale presenta la tipica configurazione morfologica delle Langhe con rilievi a profilo trasversale asimmetrico: tale assetto rende possibile forme di dissesto differenti a seconda dell'orientazione degli strati rispetto a quella del pendio.

Sul versante più ripido, con strati a reggipoggio, si possono verificare frane di crollo dovute allo scalzamento al piede causato dall'erosione fluviale, interessanti anche i terreni del substrato, e frane per saturazione e fluidificazione della copertura detritica superficiale appunto coinvolgenti i terreni della copertura eluvio-colluviale. Entrambi i fenomeni porteranno quindi ad una progressiva verticalizzazione di questo lato della "cuesta".

Sul versante meno inclinato l'erosione al piede, causata dai corsi d'acqua, provoca un sottoscalzamento degli strati, con giacitura a franapoggio e, come risultato, frane per scivolamento, planare e rotazionale, favorite anche dall'alternanza di litologie marnose ed arenacee che presentano diversa permeabilità e resistenza.

Talora i movimenti di scorrimento possono ridursi alla sola coltre superficiale detritica dando luogo a movimenti visco-plastici (soliflussi) protratti nel tempo: tali fenomeni sono molto diffusi nell'ambito del territorio e sono riconoscibili dalla presenza di lineamenti morfologici irregolari caratterizzati da zone di compressione alternate ad avvallamenti che frequentemente rendono i profili trasversali dei versanti ondulati. Generalmente si tratta di dissesti di lieve entità ma in occasioni di eventi particolarmente piovosi possono coinvolgere volumi di terreno considerevoli.

Altra tipologia di frana diffusa mostra caratteristiche composite, cioè una dinamica caratterizzata da movimenti iniziali lungo superfici rotazionali ed una successiva evoluzione con movimenti traslazionali o più frequentemente si assiste ad una fluidificazione del materiale ed un suo conseguente colamento verso il basso.

In linea generale le frane superficiali coinvolgenti esclusivamente la copertura eluvio-colluviale si verificano con maggior frequenza in corrispondenza dell'areale di affioramento delle *Marne di S. Agata Fossili* che, come già detto, risulta caratterizzato da potenti coltri superficiali, mentre in corrispondenza delle litologie più arenacee riscontrabili nell'areale di affioramento delle *Arenarie di Serravalle* si innescano principalmente scorrimenti traslativi o rotazionali.

Di seguito si riportano tutte le tipologie presenti nel territorio in studio con una breve descrizione delle loro caratteristiche principali.

- ✓ Scivolamenti rotazionali;
- ✓ Scivolamenti traslativi;
- ✓ Colamenti;
- ✓ Frane per saturazione e fluidificazione della copertura detritica superficiale;
- ✓ Frane di crollo.

6.1.1.1 - *Scivolamenti rotazionali*

Il movimento avviene per superamento della resistenza al taglio lungo una o più superfici generalmente concave verso l'alto. Le formazioni implicate sono di solito quelle sedimentarie a comportamento più o meno plastico: marne, argille, limi.

Si tratta di frane piuttosto lente, spesso intermittenti, in quanto le cause scatenanti sono: le acque di infiltrazione (pluviali, sorgive, perdite da canali, acquedotti, ecc.), erosione al piede e terremoti.

Il movimento può avvenire lungo una o più superfici di scorrimento per movimento retrogressivo. In questo caso si ha deformazione di taglio e spostamento lungo una o più superfici, o entro uno spessore limitato di materiale; il movimento può essere contemporaneo in tutti i punti della superficie, oppure propagarsi da un'area di rottura localizzata.

Lo scorrimento rotazionale è riconoscibile in superficie per mezzo della rotazione dei blocchi in cui il corpo in movimento viene smembrato. In queste frane le fratture che

interessano la superficie del terreno hanno andamento parallelo a quello della scarpata principale e concavo verso la direzione di movimento.

Nella parte sommitale della frana è frequente ritrovare parte della superficie originaria del versante meno inclinata o addirittura in contropendenza, spesso il coronamento è visibile per la presenza di crepe lunate. Subito a monte del piede si trova spesso una zona molto bagnata o un piccolo stagno mentre oltre, il materiale franato, scompaginato e saturo d'acqua tende esso stesso a franare, dando origine a colamenti.

La porzione del corpo di frana che si trova in prossimità del piede rappresenta una zona di compressione; il piede invece, dove il materiale viene smembrato dal campo di tensioni esistente, è caratterizzato da strutture di trazione e sollevamento. In questa parte del corpo di frana sono inoltre comuni venute d'acqua, e gli alberi eventualmente presenti tendono a piegarsi verso valle, contrariamente a quanto avviene nella parte a monte (Vallario A. – *FRANE E TERRITORIO* – Liguori Editore, 1992).

6.1.1.2 - *Scivolamenti traslativi*

Lo scivolamento avviene lungo una superficie di discontinuità poco scabrosa e preesistente, quale giunto di stratificazione o una frattura, un piano di faglia o di sovrascorrimento, un piano di laminazione o di scistosità, una superficie di contatto tra la roccia in posto integra e la porzione alterata o degradata od anche tra la roccia e la copertura detritica.

Condizione predisponente indispensabile è che la superficie di discontinuità sia disposta nello stesso senso del versante (a franapoggio) e con un'inclinazione uguale o minore a quella del pendio. Il fenomeno avviene per riduzione della resistenza di attrito lungo le superfici di discontinuità; il movimento avviene, generalmente, con discreta velocità e nella direzione della linea di massima pendenza della stessa.

Questo tipo di frane si verifica nelle sequenze lapidee stratificate che presentano alternanze di materiale a comportamento plastico, oppure in corrispondenza delle superfici di contatto tra ammassi rocciosi lapidei poggianti su un substrato a comportamento plastico, oppure come scivolamento planare di coperture detritiche su substrato roccioso; il fenomeno si può anche verificare quando la superficie di contatto tra analoghi terreni è di tipo tettonico.

6.1.1.3 - *Colamenti*

Questi fenomeni comprendono un elevato numero di casi con caratteristiche anche abbastanza differenziate; nell'insieme trattasi di fenomeni caratterizzati da movimenti plastici che presentano velocità variabile da posto a posto dell'area in frana. I limiti della zona in frana possono essere netti o sfumati nell'ambito di una fascia, dove i movimenti differenziali tendono a diminuire gradualmente. La loro principale caratteristica è quella di costituire un insieme ad elevata viscosità, la cui velocità è dipendente dalla pendenza del versante e dal contenuto d'acqua della massa in movimento.

In alcuni casi il materiale in frana segue l'andamento di preesistenti solchi di erosione che ne costituiscono l'alveo; a valle, terminato il preesistente impluvio, il cumulo di frana si distribuisce a ventaglio sulla porzione di raccordo tra il piede del versante e la successiva zona pianeggiante, dove l'acclività progressivamente si riduce (Colamenti veloci).

In altri casi (Colamenti lenti) questi fenomeni interessano aree molto estese, anche interi versanti, che presentano ondulazioni, rigonfiamenti, depressioni a conca e scarpate. La singola frana si presenta come un corpo in movimento continuo, frazionato e lento verso valle che riceve progressiva alimentazione, da monte e lateralmente, via via che il cumulo di frana si sposta verso valle. Nelle zone di alimentazione sono evidenti depressioni a conca e, più raramente, zone di distacco polilobate. In questa porzione, a quote più alte, sono frequenti fessure trasversali da collasso; a quota inferiore, dove il movimento avviene come se fosse inalveato, si presentano fessure di trazione, longitudinali e parallele, ai fianchi dell'area in frana. Nella porzione medio-inferiore della frana si individua una zona di cumulo quasi sempre più elevata del pendio in posto circostante, dove la resistenza d'attrito, via via crescente, raggiunge valori massimi e tende a superare la componente attiva della gravità. Nella porzione inferiore il cumulo di frana tende ad espandersi sul versante, riduce progressivamente la velocità e lo spessore della parte in movimento ed i rigonfiamenti trasversali tendono a scomparire (Vallario A. – *FRANE E TERRITORIO* – Liguori Editore, 1992).

6.1.1.4 - *Frane per saturazione e fluidificazione della copertura detritica superficiale*

Si tratta di fenomeni franosi che si innescano durante eventi di pioggia di forte intensità in conseguenza della umidificazione o saturazione di terreni sciolti superficiali (coperture

detritiche, eluvio-colluviali, depositi glaciali, ecc.); tali frane sono note nella letteratura internazionale con il termine di *Soil slips*. Si generano solitamente su versanti con pendenze tra i 16° ed i 45° con una maggiore frequenza tra i 35° ed i 45°.

La nicchia di distacco è solitamente impostata in un punto di inflessione del pendio, naturale o antropico (terrazzamenti, strade, muri), in avvallamenti o piccole depressioni, nelle quali possono concentrarsi maggiori quantità d'acqua. Il materiale mobilizzato è molto fluido e, nella maggior parte dei casi, al piede delle frane di piccole dimensioni non è visibile un vero e proprio accumulo.

La superficie di distacco è generalmente localizzata ad una profondità di circa 1 m, nel caso di eventi pluviometrici prolungati di media e bassa intensità può raggiungere qualche metro dal p.c. (Sutura Sardo P., Beretta G. P., De Luca D. A. & Masciocco L. – *FRANE SUPERFICIALI INNESCATESI NEI DINTORNI DI CEVA, CN, IN CONSEGUENZA DELL'EVENTO METEOROLOGICO DEL NOVEMBRE 1994 – 1996*).

Le velocità stimate dei *Soil slips* sono comprese tra 2 e 9 m/s e non sono influenzate dalla pendenza dei versanti, purché queste siano superiori a circa 16° (Govi M., Mortara G. & Sorzana P. F. – *EVENTI IDROLOGICI E FRANE – Geol. Appl. e Idrog., XVIII, 3 pp. 359-374, 1984*).

La pericolosità di questi fenomeni è dovuta ai seguenti aspetti:

- ✓ mancanza di indizi premonitori;
- ✓ rapidità di innesco e sviluppo;
- ✓ elevata velocità di traslazione;
- ✓ elevata forza d'urto;
- ✓ accentuata concentrazione per unità di superficie;
- ✓ elevate distanze percorribili dal materiale fluidificato.

6.1.1.5 - *Frane di crollo*

Le frane di crollo si sviluppano prevalentemente nelle rocce lapidee, massicce o stratificate in grossi banchi, fratturate e/o carsificate. Questo tipo di frana può anche verificarsi in rocce poco coerenti o profondamente alterate, dove la massa, distaccatasi unitariamente, si disgrega raggiungendo il suolo.

Esse consistono nella caduta libera di blocchi o frammenti che si distaccano più o meno improvvisamente dalla parete di un pendio subverticale, rotolando, rimbalzando e

scompaginandosi durante il percorso. Il distacco avviene lungo una superficie su cui non avviene in pratica nessun spostamento di taglio e la massa si muove prevalentemente nell'aria.

Il deposito che ne consegue è costituito da accumulo di materiali di varie dimensioni al piede del versante, ma alcuni frammenti, di dimensioni maggiori, possono percorrere anche notevoli distanze, in funzione della geometria e della lunghezza del versante e degli ostacoli su di esso presenti, ivi compresa la copertura vegetale, oltreché delle caratteristiche fisico-geometriche delle masse in movimento.

Tra le cause determinanti si ricordano: le escursioni termiche, il gelo e disgelo, le azioni erosive delle acque superficiali alla base dei versanti, le sollecitazioni sismiche, l'effetto destabilizzante degli apparati radicali e le azioni antropiche (Vallario A. – *FRANE E TERRITORIO* – Liguori Editore, 1992).

6.1.2 - Processi lungo il reticolato idrografico

Secondo i dati storici, nell'area in esame l'asta del torrente Belbo risulta sicuramente quella maggiormente vulnerabile a processi dissestivi.

Di seguito si riporta brevemente la cronistoria della piena verificatasi nel novembre 1994 che rappresenta l'evento più significativo degli ultimi anni.

Prima della piena del 5-6/11/1994 il torrente Belbo presentava nel complesso un unico canale, con letto generalmente impostato in sedimenti grossolani nel tratto cuneese del suo corso ed in sedimenti sabbiosi da Santo Stefano Belbo fino alla confluenza in Tanaro.

Nel tratto Niella Belbo – Santo Stefano Belbo la piena ha causato significative variazioni dell'alveo, con forti ampliamenti della sezione, mentre nel tratto tra Canelli e la confluenza le modificazioni sono state praticamente assenti. La notevole quantità di sedimenti depositati lungo tutto il fondovalle e, in particolare, tra la zona industriale a valle di Cossano Belbo e la località Casevecchie di Calamandrana, è stata fornita soprattutto dai vistosi fenomeni di erosione spondale e, localmente, da frane impostate nei terreni della copertura superficiale. Lo sradicamento ed il successivo trasporto in alveo di grosse quantità di alberi ad alto fusto, presenti in molte aree interessate dagli ampliamenti della sezione, ha esaltato notevolmente gli effetti della piena, causando l'ostruzione di molti attraversamenti, soprattutto tra i comuni di Bosia e Santo Stefano Belbo.

Nel tratto di monte tra Niella Belbo e Santo Stefano Belbo il modellamento dell'alveo del torrente è avvenuto attraverso processi di erosione di sponda e riattivazioni di canali laterali esterni all'alveo ordinario. Da queste aree proviene una parte considerevole degli alberi fluitati dalla piena. La sezione, nelle zone di maggior ampliamento, ha raggiunto un'ampiezza massima anche di 200 m, a confronto con una precedente sezione di 40 m.

Gli ampliamenti più significativi per erosione laterale si sono verificati a scapito di depositi alluvionali: sabbie, alternanze di strati sabbiosi e ghiaioso-ciottolosi privi di coesione, in genere meno grossolani dei materiali presenti in alveo.

Nel tratto compreso tra Santo Stefano Belbo e Castelnuovo Belbo, le variazioni della sezione di deflusso sono state limitate e modeste. Lungo quest'ultimo tratto il corso d'acqua presenta un unico canale, inciso sinuoso, impostato in un fondovalle più ampio.

I differenti processi associati al passaggio della piena hanno influito sulla distribuzione dei danni. Nel tratto cuneese fino a Santo Stefano Belbo, i danni più gravi ad edifici e viabilità sono stati provocati soprattutto da erosioni spondali; frequente è stata anche l'asportazione di rilevati d'accesso a ponti. Due di questi erano già stati distrutti dalle piene del 1948 o 1968 e ricostruiti ad una sola luce. Il loro sottodimensionamento, in rapporto ai deflussi associati alla piena del 05/11/1994, porta a ritenere che lungo questo tratto di Belbo questa piena sia stata superiore alle precedenti.

A partire dalla zona industriale a valle di Cossano Belbo i danni associati a processi erosionali sono via via diminuiti mentre quelli associati al passaggio delle acque sulla piana alluvionale sono diventati particolarmente gravi. Tra Canelli e Castelnuovo Belbo, l'intensità dei processi e dei danni è progressivamente diminuita, anche se ampie fasce di fondovalle sono state sommerse. Se si confrontano le altezze idrometriche riferite a piene precedenti, da Canelli verso valle, i livelli delle acque di inondazione sono stati generalmente inferiori rispetto a quelli della piena del 1948 (Eventi alluvionali in Piemonte 2-6 novembre 1994, 8 luglio 1996 7-10 ottobre 1996 – Regione Piemonte).

Nel territorio di Calamandrana le altezze d'acqua registrate si sono attestate a 1,2 m in corrispondenza di Fraz. Casevecchie, 1,8 m a C.na Bella; inoltre in vari punti del fondovalle si sono attestate altezze variabili tra 1,8 e 2,0 m.

In linea di massima mentre in sinistra orografica le acque di piena si sono arrestate alla base dei rilievi collinari, in destra le acque sono state contenute dal rilevato ferroviario che in qualche modo ha svolto, localmente, funzione di argine a protezione soprattutto dell'abitato di

Quartino.

Per quanto riguarda i corsi d'acqua del reticolato idrografico minore, essi sono stati interessati dagli eventi alluvionali riportati nel paragrafo 6.1 (si annovera soprattutto la piena del Rio Garbazzola, e conseguenti danni, verificatasi nel 1948); in effetti i processi dissestivi sono essenzialmente riconducibili all'erosione diffusa di molti tratti delle scarpate laterali e a colamenti di modeste porzioni di materiale superficiale: questi fenomeni causati dalla forza di gravità e dallo scorrimento delle acque meteoriche sono favoriti dall'assenza o dalle cattive condizioni di conservazione della copertura vegetale.

In generale i corsi d'acqua minori risultano elementi determinanti sulla dinamica evolutiva della piena, in quanto caratterizzati da un'elevata capacità di trasporto solido alimentata essenzialmente dall'instaurarsi dei processi dissestivi sopra citati (fenomeni franosi innescati dall'erosione al piede delle scarpate): la massa d'acqua in movimento prende in carico i materiali franati in alveo aumentando ulteriormente il volume e la capacità erosiva durante la discesa. Tale processo si ripercuote sui corsi d'acqua ricettori incrementando il carico solido ed aumentando così la probabilità che si verifichino inondazioni, soprattutto se il deflusso delle acque è ostacolato da manufatti antropici dimensionati non correttamente (ponti, attraversamenti, ecc.).

7 - EVENTO METEOPLUVIOMETRICO DEL 26 – 28 APRILE 2009

Nelle giornate del 26 – 28 Aprile 2009 precipitazioni intense e diffuse hanno investito il Piemonte coinvolgendo in particolare la fascia alpina e prealpina nord-occidentale della regione, le pianure meridionali ed i rilievi collinari a Sud del Po, determinando condizioni di moderata criticità sui versanti e sulla rete idrografica.

Le precipitazioni, piovose al di sotto dei 1.300 – 1.400 m, hanno determinato un generalizzato superamento delle soglie pluviometriche di moderata criticità, generando l'innescò di fenomeni franosi sui versanti, e l'innalzamento dei livelli idrometrici dei corsi d'acqua, che in alcuni casi hanno raggiunto il livello di elevata criticità, in particolare sui bacini del Piemonte meridionale.

Sulla base del rapporto redatto da ARPA Piemonte, nel prosieguo della presente relazione si riportano sia le caratteristiche meteorologiche ed idrologiche dell'evento sia gli effetti che hanno provocato sul territorio.

7.1 - Analisi meteorologica

L'evento ha avuto inizio nella serata di sabato 25 aprile 2009, quando una profonda saccatura di origine nord-atlantica si è approssimata al bacino del Mediterraneo convogliando correnti umide meridionali sull'Italia nord-occidentale.

La struttura depressionaria si è avvicinata all'Italia settentrionale nel corso della giornata del 26 aprile, convogliando correnti umide sud-occidentali in quota che hanno causato precipitazioni diffuse.

Le precipitazioni nella giornata del 26 aprile sono state moderate diffuse, localmente forti sul settore settentrionale e sull'Appennino. La quota neve si è mantenuta sui 1.500 m nel corso della giornata.

Nella giornata del 27 aprile la saccatura si è approfondita sul Mediterraneo centrale e si è formato un minimo al suolo sull'alto tirreno. Il settore freddo del sistema frontale associato alla depressione non ha interessato l'Italia nord-occidentale e le precipitazioni hanno mantenuto un carattere prevalente avvevivo.

Le correnti si sono disposte dai quadranti meridionali in quota, a causa della posizione

dell'asse della saccatura, e orientali nei bassi strati, convogliate dal minimo barico sul Golfo Ligure. Il moto del minimo verso Est nel corso della giornata ha costretto le correnti nei bassi strati sempre più da NE, con conseguente forte afflusso di umidità sul settore meridionale della regione.

Tale situazione ha determinato condizioni di tempo molto perturbato con precipitazioni diffuse molto intense sulla nostra regione, forti diffuse al mattino con valori molto forti sulle Alpi e sull'Appennino, moderate diffuse al pomeriggio con valori molto forti sulle zone pedemontane alpine. Gli indici di instabilità sono stati relativamente bassi e le precipitazioni hanno avuto carattere prevalentemente avvertivo e la loro distribuzione è dipesa soprattutto dall'interazione tra il flusso e l'orografia. I valori più intensi sono stati registrati sulle Alpi settentrionali, a causa del flusso sud-orientale in quota, e sul Cuneese, a causa delle correnti nord-orientali nei bassi strati, come evidenziato anche dalle immagini radar. La quota delle neviccate si è mantenuta sui 1.500 m, con locali valori intorno ai 1.300 m nelle aree in cui le precipitazioni sono state più intense.

Nel corso della giornata del 28 aprile il minimo si è allontanato verso NE, ma è stato seguito da una nuova perturbazione atlantica, meno intensa, che dalla Francia ha interessato il Nord Italia nel corso della giornata apportando un ingresso di aria fredda in quota che ha causato maggiore instabilità e precipitazioni anche a carattere convettivo sui rilievi alpini.

Tale situazione ha mantenuto condizioni di cielo coperto con precipitazioni diffuse al primo mattino, moderate con valori localmente forti sull'arco alpino. Dalla mattinata è stata registrata un'attenuazione dei fenomeni a partire dal settore meridionale e rovesci, anche a carattere temporalesco, sui rilievi alpini e sulle pianure settentrionali, di intensità moderata localmente forte. Nel pomeriggio i rovesci si sono limitati alle Alpi nord-occidentali e settentrionali e pianure adiacenti, e si sono progressivamente attenuati in serata.

Dal punto di vista pluviometrico nel bacino del Tanaro, tra il 26 e il 28 aprile, sono caduti dai 150 ai 200 mm di pioggia: in particolare nella provincia di Asti i valori sono risultati compresi tra 100 e 150 mm.

Tale situazione di abbondanti precipitazioni si era già verificata tra il novembre e dicembre 2008 e successivamente dalla seconda metà di marzo 2009 fino all'evento in esame: il Piemonte, nelle cinque settimane antecedenti l'evento, è stato ripetutamente interessato da piogge diffuse e consistenti, intervallate solo da brevi periodi asciutti, che hanno

certamente accentuato gli effetti al suolo delle precipitazioni del 26 – 28 aprile.

7.2 - Analisi dei processi e effetti al suolo

Come già accennato l'evento pluviometrico del 26-28 aprile 2009 è giunto a seguito di un periodo di precipitazioni prolungate e di forte innevamento perdurante dal novembre 2008. Questo ha determinato condizioni di generalizzata saturazione dei bacini che hanno reagito rapidamente alle piogge con formazione di onde di piena lungo i corsi d'acqua e con sviluppo di numerosi fenomeni franosi.

La situazione più critica è stata quella della zona di Alessandria, ad opera del Tanaro. Altre situazioni di criticità sono state quelle nell'area di Asti e nell'area di Poirino-Santena Villastellone. L'onda di piena è stata generalmente contenuta all'interno degli alvei di piena ordinaria con localizzati fenomeni di allagamento.

Decisamente più diffusi gli effetti al suolo conseguenti ai processi di versante con sviluppo di un elevato numero di fenomeni franosi: i settori a maggiore concentrazione comprendono il settore delle Langhe cuneesi, l'Astigiano, parte dell'Alessandrino ed alcuni settori della Collina di Torino.

La tipologia di frana maggiormente diffusa è costituita da frane per fluidificazione delle coperture superficiali che hanno generato colamenti rapidi: tali fenomeni hanno interferito in molti casi con la rete viaria provocando danni ed interruzioni. Altre tipologie di frana diffuse sono riconducibili a scivolamenti sia planari che rotazionali: allo stato incipiente si manifestano con la formazione di fratture, trincee, rigonfiamenti e marcate ondulazioni.

Di seguito si riporta la situazione di dissesto nella Provincia di Asti rilevata tramite sopralluoghi effettuati da funzionari di ARPA Piemonte SC14 – Prevenzione del rischio geologico delle Province di Asti, Biella, Vercelli e SC22 – Centro per le Ricerche territoriali e Geologiche e dai funzionari della Regione Piemonte, Settore Decentrato OO.PP. E Difesa Assetto Idrogeologico di Asti.

7.2.1 - Provincia di Asti

In provincia di Asti i fenomeni di dissesto si sono manifestati in più fasi, le più

significative sono quelle del 15-16 dicembre 2008 e del 26-27 aprile 2009.

Per quanto riguarda i processi di versante si sono registrate quattro fasi durante le quali si sono manifestati i principali dissesti.

La maggior parte dei movimenti gravitativi, riconducibili essenzialmente a frane per saturazione e fluidificazione della coltre superficiale, si è verificata tra il 15 e 16 dicembre 2008: il suolo risultava completamente saturo a seguito delle piogge del 1-7 novembre, del 12-13 novembre e per l'effetto dello scioglimento delle nevi cadute dal 28 novembre al 1 dicembre.

Un secondo evento si è manifestato all'inizio di febbraio, quando, a seguito di precipitazioni non particolarmente intense, si sono innescati estesi fenomeni franosi: in questo caso i fenomeni oltre ad essere decisamente meno numerosi presentavano cinematismi differenti rispetto quelli del dicembre 2008, infatti si attivarono frane più lente e complesse coinvolgenti volumi di terreno maggiori.

Un ruolo determinante è stato giocato dall'innalzamento delle temperature che ha portato allo scioglimento del manto nevoso fino allora ancora presente, con la diretta conseguenza di un surplus di acqua che lentamente ha raggiunto anche gli strati più profondi.

Anche in questo caso, un ruolo dominante è stato rivestito dall'acqua equivalente immagazzinata come copertura nevosa e precipitata durante i giorni 6-7 gennaio 2009. Questa si è sommata alla pioggia caduta alla fine di gennaio e all'inizio di febbraio, determinando un nuovo scenario di crisi che ha causato l'innescio di nuovi fenomeni franosi.

Un terzo evento si è registrato nei primi giorni di aprile, a seguito delle precipitazioni registrate tra il 28/03 e il 02/04. Questo ultimo evento ha innescato nuovi fenomeni franosi, mentre si è registrato un aggravamento del quadro dissestivo già in atto.

Un quarto evento si è registrato in concomitanza e a seguito delle precipitazioni del 26-27 aprile 2009: in questo caso, oltre ad essersi aggravate le situazioni già precedentemente segnalate dai Comuni, si sono sviluppati sia nuovi fenomeni di fluidificazione di vaste proporzioni a carico della viabilità principale e secondaria nonché dei terreni agricoli, sia fenomeni più complessi che hanno interessato vasti settori collinari. Tali fenomeni in molteplici casi sono allo stato incipiente e si manifestano con fratture nel terreno poco continue, spesso deformando la viabilità e creando deboli disallineamenti dei filari di vite; in minor misura sono maggiormente evoluti con evidenti gradini nella zona di testata, rigonfiamenti e disarticolazioni nel corpo di frana.

In occasione di quest'ultimo evento, si sono segnalati fenomeni franosi che hanno coinvolto non solo edifici isolati, ma anche interi gruppi di fabbricati, prevalentemente ad uso di civile abitazione; in particolare si sono registrate situazioni di particolare criticità nei Comuni di Rocca D'Arazzo, Castelnuovo Calcea, Cassinasco, Canelli, Antignano e Montechiaro D'Asti.

Tutti i Comuni, ad esclusione di Canelli, sono caratterizzati da un quadro del dissesto simile per effetti, diffusione areale, tipologia di movimenti gravitativi e danni al territorio. Tale caratteristica permette di ipotizzare che anche i comuni limitrofi abbiano subito danni ed effetti simili anche se in misura e intensità diversa.

Per quanto riguarda gli effetti sulla rete idrografica nell'ambito del territorio comunale, la piena del torrente Belbo raggiunge il livello idrometrico massimo la sera del 27 aprile. La cassa di espansione di Canelli, predisposta dopo l'evento alluvionale del novembre 1994, non è entrata comunque in funzione e le acque perlopiù si sono mantenute all'interno dell'area di pertinenza fluviale. Si sono avuti allagamenti nel comune di Incisa Scapaccino con danni a strade ed alcune abitazioni. Limitati i danni ai terreni coltivati lungo il tratto di torrente astigiano, presenti alcune erosioni di sponda.

Anche il reticolato idrografico minore presente nel territorio in esame non ha fatto registrare danni: in generale si sono verificate localizzate erosioni di sponda e di fondo che hanno caratterizzato il decorso complessivo della piena.

In definitiva l'evento meteopluviometrico in questione ha provocato i suoi effetti in maggiore misura a scapito della stabilità dei versanti piuttosto che lungo il reticolato idrografico: tali considerazioni trovano pieno riscontro nel comune di Calamandrana dove i danni sono essenzialmente riconducibili ai fenomeni franosi innescatesi essenzialmente nell'area collinare, in destra orografica del Belbo, a monte delle frazioni Quartino e San Vito.

8 - CARTOGRAFIA TEMATICA

Nell'ambito della presente Variante Strutturale n° 11 al P.R.G.C. comprensiva dell'aggiornamento del quadro di dissesto alla luce degli ultimi recenti eventi meteorologici verificatisi in Piemonte tra il dicembre 2008 e l'aprile 2009 la cartografia tematica prevista, redatta così come disposto dalla Circolare P.G.R. 08/05/1996, n° 7/LAP e relativa Nota Tecnica Esplicativa del dicembre 1999, è costituita dai seguenti elaborati:

✓ Carta dei dissesti degli eventi meteorologici dicembre 2008 – aprile 2009	Tav. 1
✓ Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica	Tav. 2

Si rammenta che gli studi di dettaglio sono stati effettuati ovviamente sulle aree oggetto di variante ed in un intorno significativo; per tale ragione le cartografie sopracitate sono state redatte sulle aree maggiormente colpite dall'evento meteorologico verificatosi in Piemonte tra dicembre 2008 ed aprile 2009 e comunque tenendo conto dei settori di versante a monte delle aree di futura previsione urbanistica.

Le porzioni di territorio analizzate comprendono in gran parte settori collinari che, come già detto, hanno subito i maggiori effetti dell'ultimo evento meteorologico, mentre i settori di fondovalle sono stati tralasciati, essenzialmente, per due motivi: il primo è legato al fatto che il reticolato idrografico non ha subito particolari processi o effetti all'interno del perimetro comunale; l'altra motivazione si basa sul fatto che tutte le aree oggetto di variante sono collocate esternamente le aree ad elevata pericolosità perimetrata lungo i corsi d'acqua, così come riportate nel P.R.G.C. vigente e nei piani sovraordinati (elaborati P.A.I. e P.S.F.F.).

Inoltre, secondo il parere dello scrivente studio tecnico, le ampiezze, di suddette "fasce di rispetto" lungo la rete idrografica minore, comprese tra 30 e 40 m da entrambe le sponde, possono ritenersi sufficientemente adeguate in relazione, anche, alle risultanze delle verifiche idrauliche riportate nel P.R.G.C. vigente.

Nei paragrafi successivi saranno illustrate le metodologie utilizzate per l'elaborazione delle carte ed analizzati nel dettaglio i tematismi rappresentati.

8.1 - Carta dei dissesti degli eventi meteopluviometrici dicembre 2008 – aprile 2009

Il presente elaborato, in scala 1:5.000, rappresenta il territorio attraverso l'aggiornamento del quadro di dissesto a seguito dei recenti eventi parossistici verificatisi tra il dicembre 2008 e l'aprile 2009.

Per il conseguimento di tale obiettivo sono stati individuati gli elementi morfologici dei dissesti tuttora osservabili, ne è stata interpretata la genesi e lo stato di attività.

8.1.1 - Metodologia

Lo studio è stato condotto attraverso le seguenti fasi:

- ✓ analisi dei dati pregressi disponibili presso gli Enti (Archivi Comunali, A.R.P.A. Piemonte);
- ✓ dettagliata indagine di terreno;
- ✓ raccolta di testimonianze orali;
- ✓ ubicazione in carta dei dissesti verificatisi durante l'evento considerato.

Per la rappresentazione grafica è stata adottata la simbologia riportata in: Servizio Geologico Nazionale, Quaderni serie III, vol. 4 (Carta Geomorfologica d'Italia, scala 1:50.000 – guida al rilevamento). In particolare per le forme di dissesto si è utilizzata la classificazione e la relativa simbologia contenuta in: *Legenda Regionale per la redazione della Carta Geomorfologica e del Dissesto dei P.R.G.C. redatta in conformità alla Circ. P.G.R. n° 7/LAP/96 e successiva N.T.E./99*, a cura della Regione Piemonte e dell'Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte.

Tutti i nuovi fenomeni franosi sono stati siglati sia come prescritto dalle linee guida regionali, sia con un numero progressivo in modo da permetterne l'identificazione univoca.

Si rammenta come siano stati riportati esclusivamente i dissesti riferiti all'ultimo evento e come pertanto la numerazione assegnata si riferisca soltanto a questi ultimi.

8.1.2 - Analisi dei tematismi

Sono state rilevate e cartografate n° 10 frane di cui n° 4 *Frane per saturazione e fluidificazione della copertura detritica superficiale*, n° 3 *Scivolamenti rotazionali*, ed infine n° 3 *Frane di crollo*.

Nella cartografia sono state riportate n° 5 frane attive, n° 4 frane quiescenti e n° 1 frana non attiva.

Per determinare lo stato di attività si sono considerati in via generale i seguenti criteri: le frane attive sono quelle in cui si sono individuati segnali di movimenti attuali o recenti; le frane quiescenti sono quelle in cui non si sono individuati segnali di movimenti attuali, ma le condizioni morfologiche che hanno determinato il dissesto non sono variate; le frane non attive (stabilizzate) sono riconoscibili solo per evidenze morfologiche, oppure si sono stabilizzate naturalmente come nel caso dei *soil slips*, dove si è verificata la completa mobilizzazione della coltre detritica metastabile verso valle: in questi casi il materiale potenzialmente instabile è stato completamente rimosso, quindi non sussistono più le condizioni predisponenti analoghi fenomeni gravitativi in quel determinato tratto di versante.

Nel dettaglio nell'area indagata sono state cartografate attive, quelle frane caratterizzate da un'elevata probabilità di evoluzione del movimento della massa: ad esempio per le frane di crollo cartografate (cfr. 1, 4, 9 – FA1 in Tav. 1) si è osservata l'esistenza di porzioni di materiale in equilibrio limite che potrebbero mobilizzarsi rapidamente verso il piede della scarpata (Foto 1, 2).

Per quanto riguarda le frane per scorrimento rotazionale, si sono classificate attive quelle che ancora, anche in questo caso, presentano condizioni di rischio elevate dovute principalmente alla presenza di materiale instabile che persiste in condizioni morfologiche sfavorevoli. Soltanto una frana rotazionale è stata classificata in stato di quiescenza (cfr. 5 – FQ3 in Tav. 1), in quanto sono stati effettuati interventi di sistemazione rappresentati essenzialmente da un rimodellamento dei lineamenti morfologici con conseguente decremento delle acclività: in ogni caso non si è esclusa la possibilità di una futura riattivazione del movimento.

Lo stato di quiescenza è stato confermato anche per quei fenomeni superficiali, come i *soil slips*, in cui la massa di terreno non si è completamente mobilizzata e quindi persistono volumi, seppur ridotti, di materiale potenzialmente instabile (Foto 3).

Dal rilevamento di terreno si evince come un ruolo fondamentale sia stato giocato dalle scarpate e riporti eseguiti per la realizzazione delle sedi stradali, infatti gran parte dei fenomeni franosi si è innescato sia in corrispondenza del ciglio di valle (Foto 4) sia lungo le scarpate di monte che si presentano generalmente caratterizzate da elevate acclività (Foto 5). Tali lineamenti sfavorevoli associati alle cattive condizioni di drenaggio delle acque di scorrimento

superficiale, che provocano frequentemente il convogliamento delle stesse in settori localizzati con conseguente saturazione dei terreni, sono causa di movimenti gravitativi. Altro aspetto che influenza negativamente la stabilità dei pendii è riconducibile alla mancata manutenzione della copertura arborea/arbustiva che insiste, talvolta a sbalzo, sulle scarpate delle sedi stradali (Foto 3) e pertanto, in presenza di condizioni sature dei terreni, agevola la mobilitazione di masse che spesso si arrestano sulle sedi stradali stesse.

In definitiva, anche se i fenomeni franosi censiti non hanno coinvolto né superfici particolarmente estese tantomeno volumi ingenti di terreno, la loro interferenza con le attività antropiche costituisce un elevato "rischio" sia in termini di pericolo per le vite umane, sia in termini di danni economici a scapito dell'intera collettività.

Ogni singolo fenomeno è stato schedato come previsto dall'Allegato 2 della N.T.E./99: tali schede (cfr. Allegati – "Schede di rilevamento delle frane") sono state compilate parzialmente, in quanto molti dei dati richiesti non sono disponibili.



Foto 1 - Particolare del settore di coronamento della frana 1 - FA1 in cui si evidenziano marcate fratture sul manto stradale a testimonianza dello stato di attività del movimento franoso.



Foto 2 - Particolare del fenomeno franoso 4 - FA1 in cui si evidenziano i blocchi di materiale accumulatisi al piede del versante.



Foto 3 - Particolare del fenomeno franoso 10 - FQ9 in cui si evidenzia la presenza di materiale tuttora in condizioni metastabili; sullo sfondo è osservabile un settore caratterizzato da una fitta copertura arborea/arbustiva potenzialmente instabile.



Foto 4 - Particolare del fenomeno franoso 8 - FQ9 in cui si evidenzia come uno degli inneschi sia ubicato in corrispondenza del ciglio di valle della sede stradale.

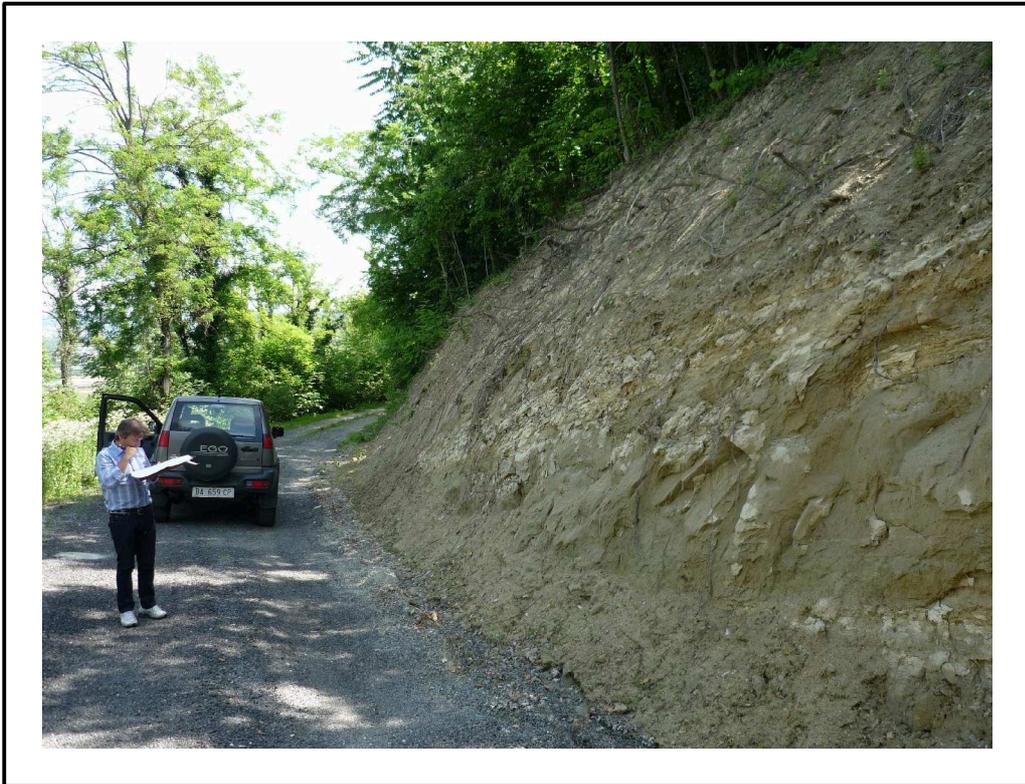


Foto 5 - Particolare del fenomeno franoso 8 - FQ9 in cui si evidenzia come uno degli inneschi sia ubicato in corrispondenza del scarpata di monte della sede stradale.

8.2 - Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica

Il presente elaborato, in scala 1:5.000, permette di classificare il territorio individuando aree omogenee dal punto di vista della pericolosità geomorfologica e di conseguenza della propensione urbanistica delle stesse.

8.2.1 - Metodologia

Tale elaborato deve rappresentare la sintesi delle problematiche connesse alla pericolosità idrogeologica, pertanto è stato redatto sovrapponendo i tematismi delle tavole grafiche a corredo del P.R.G.C. vigente unitamente all'aggiornamento del quadro di dissesto effettuato in occasione della presente variante strutturale.

Per consentire una più immediata individuazione delle aree a pericolosità più elevata sono stati riportati (come prescritto dalla Circolare P.G.R. 08/05/1996, n° 7/LAP e relativa Nota Tecnica Esplicativa del dicembre 1999) sia i dissesti individuati nell'Allegato 3 – *Carta Geomorfologica e dei dissesti* (cfr. elaborati geologici a corredo del P.R.G.C. vigente), sia quelli individuati nella *Carta dei dissesti degli eventi meteopluviometrici dicembre 2008 – aprile 2009*.

La procedura descritta ha permesso di circoscrivere settori di territorio che, pur non presentando dissesti, sono caratterizzati da condizioni geomorfologiche analoghe i settori in dissesto: tali settori sono pertanto stati inseriti nelle classi a maggiore pericolosità.

I restanti settori del territorio, caratterizzati da un assetto geomorfologico meno vulnerabile ai fenomeni dissestivi, sono stati inseriti in classi a minore pericolosità. Inoltre tali settori sono stati distinti sulla base del diverso contesto geomorfologico.

La metodologia utilizzata ha richiesto (anche a causa della scala di rilevamento) una verifica sul territorio atta a delimitare nel dettaglio settori a diversa pericolosità geomorfologica in particolar modo in corrispondenza dei centri abitati, lungo il reticolato idrografico ed in corrispondenza delle scarpate morfologiche.

8.2.2 - Analisi dei tematismi

Nell'ambito dell'intorno significativo indagato sono state individuate le seguenti classi di

pericolosità geomorfologica e di idoneità all'utilizzazione urbanistica ai sensi della Circolare P.G.R. 08/05/1996, n° 7/LAP e relativa Nota Tecnica Esplicativa del dicembre 1999.

CLASSE II (PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA MODERATA)

Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate ai DD.MM. 14/01/2008 e 11/03/1988 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante.

Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, ne' condizionarne la propensione all'edificabilità.

Classe IIa (Aree di fondovalle)

Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica sono dovute alla vicinanza dei corsi d'acqua, alla presenza di linee di drenaggio minori, alle cattive condizioni di drenaggio delle acque meteoriche, alla presenza di terreni scadenti ed all'eventuale interazione della falda con le strutture: settori ubicati lungo i fondovalle costituiti da terreni generalmente caratterizzati sia da scadenti valori dei parametri geotecnici, sia dalla presenza di una falda acquifera con soggiacenze modeste, settori non particolarmente vulnerabili agli eventi alluvionali o comunque raggiungibili esclusivamente da lame d'acqua caratterizzate da bassa energia ed altezze di pochi centimetri (indicativamente < 40 cm).

Classe IIb (Aree di versante)

Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica sono dovute alla stabilità dei versanti ed all'eventuale presenza di considerevoli spessori della coltre di copertura superficiale: settori ubicati lungo gli spartiacque principali e settori di versante debolmente acclivi.

CLASSE III (PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA ELEVATA)

Porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio, derivanti

questi ultimi dalla urbanizzazione dell'area, sono tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate, richiedendo, viceversa, la previsione di interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio esistente.

CLASSE IIIa

Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti.

Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili (con specifico riferimento ad es. ai parchi fluviali), vale quanto già indicato all'art. 31 della L.R. 56/77.

Classe IIIa₁ (Aree di versante)

Aree in frana attiva (FA).

Classe IIIa₂ (Aree di versante)

Aree in frana quiescente (FQ) e stabilizzata (FS).

Classe IIIa₃ (Aree di versante)

Porzioni di territorio che complessivamente presentano caratteristiche geomorfologiche, litotecniche e di acclività analoghe quelle delle aree in frana.

CLASSE IIIb

Porzioni di territorio edificate nelle quali gli elementi di pericolosità geologica e di rischio sono tali da imporre in ogni caso interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico a tutela del patrimonio urbanistico esistente.

In assenza di tali interventi di riassetto saranno consentite solo trasformazioni che non aumentino il carico antropico quali, a titolo di esempio, interventi di manutenzione ordinaria, manutenzione straordinaria, risanamento conservativo, ecc...; per le opere di interesse pubblico non altrimenti localizzabili varrà quanto previsto all'art. 31 della L.R. 56/77.

Nuove opere o nuove costruzioni saranno ammesse solo a seguito dell'attuazione degli interventi di riassetto e dell'avvenuta eliminazione e/o minimizzazione della pericolosità.

Classe IIIb₂ (Aree di versante)

A seguito della realizzazione delle opere di riassetto territoriale sarà possibile la realizzazione di nuove edificazioni, ampliamenti o completamenti.

Come si può osservare in Tav. 2 la **Classe IIa (Aree di fondovalle)** si sviluppa esclusivamente lungo i principali fondovalle, costituiti da terreni caratterizzati sia da scadenti valori dei parametri geotecnici che dalla eventuale presenza della falda acquifera con soggiacenze modeste. All'interno di questa classe sono compresi quei settori di territorio non particolarmente vulnerabili agli eventi alluvionali o comunque raggiungibili esclusivamente da lame d'acqua caratterizzate da bassa energia ed altezze di pochi centimetri (indicativamente < 40 cm).

La **Classe IIb (Aree di versante)** si estende in due diversi contesti morfologici: il primo comprende i principali spartiacque costituiti generalmente da terreni caratterizzati da mediocri a buoni valori dei parametri geotecnici, talvolta localizzati nelle immediate vicinanze di settori instabili o potenzialmente instabili. In tale contesto morfologico sono inclusi i nuclei abitativi di Calamandrana Alta (Chiesa Vecchia), Fraz. Bruciati e C. Verdino che pur non presentando aree in dissesto sono localmente caratterizzati da morfologia irregolare, a causa dell'azione antropica (terrazzamenti, tagli di versante, movimenti terra, ecc.). Tale classe di pericolosità comprende inoltre i settori di versante debolmente acclivi (aree di raccordo con il fondovalle), costituiti da una coltre di terreno superficiale caratterizzata da scadenti caratteristiche geomeccaniche ed ubicati a valle delle classi maggiormente vulnerabili e localmente in prossimità delle aree in dissesto.

Nella **Classe IIIa₁ (Aree di versante)** sono esclusivamente comprese quelle porzioni di territorio perimetrato come frane attive e corrispondenti alle aree Fa del P.A.I.: pertanto vi sono stati inseriti tutti i fenomeni franosi attivi ricadenti all'interno dell'intorno significativo indagato, sia quelli conseguenti l'evento meteopluviometrico dicembre 2008 – aprile 2009, sia quelli riportati nel P.R.G.C. vigente. Si rammenta che in tale classe rimarranno in vigore le Norme di Attuazione previste dal P.A.I. .

All'interno della **Classe IIIa₂ (Aree di versante)** sono state inserite le porzioni di territorio perimetrato come frane quiescenti e stabilizzate, rispettivamente corrispondenti alle aree Fq e Fs del P.A.I.: pertanto vi sono stati inseriti sia i restanti 5 fenomeni franosi conseguenti l'evento meteopluviometrico dicembre 2008 – aprile 2009 e non inclusi nella classe di

pericolosità precedente, sia le frane quiescenti e stabilizzate riportate nel P.R.G.C. vigente ricadenti nell'intorno significativo indagato. Si rammenta che anche in tale classe rimarranno in vigore le Norme di Attuazione previste dal P.A.I. .

Nella **Classe IIIa₃ (Aree di versante)** sono state inserite le porzioni di territorio che, in generale, presentano caratteristiche geomorfologiche, litotecniche e di acclività analoghe quelle delle aree in frana. In particolar modo sono stati compresi i settori di versante da ripidi a molto ripidi e localmente quelli da acclivi a moderatamente ripidi dove si sono verificati gran parte dei fenomeni franosi inseriti nelle Classi IIIa₁ e IIIa₂.

Con la **Classe IIIb₂ (Aree di versante)** è stato unicamente perimetrato un limitato settore del concentrico di Calamandrana Alta (Chiesa Vecchia), in quanto localizzata nelle immediate vicinanze di un fenomeno franoso attivo (1 - FA1 in Tav. 1) la cui evoluzione potrebbe interessare anche tale settore.