Convenzione tra

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO,

REGIONE PIEMONTE - DIREZIONE OPERE PUBBLICHE, DIFESA DEL SUOLO, ECONOMIA MONTANA E FORESTE - SETTORE DECENTRATO DB1408 - OO.PP. E DIFESA ASSETTO IDROGEOLOGICO – ASTI

UNIONE DEI COMUNI "COMUNITA' COLLINARE ALTO ASTIGIANO"

per l'esecuzione di un programma di ricerca dal titolo:

"STUDIO DEI DISSESTI IDROGEOLOGICI RELATIVI AL TERRITORIO DEI COMUNI AFFERENTI ALLA COMUNITÀ COLLINARE ALTO ASTIGIANO, FINALIZZATO ALLA REALIZZAZIONE DI UN MANUALE D'USO DEL SUOLO"

Relazione finale

Autori
L. Gagliardi[1], C. Giolito[1], L. Masciocco[2], S. Pastormerlo[2], M. Pignatelli[1], M. Toja[3]

[1] Unione dei Comuni – Comunità Collinare "Alto Astigiano" Via Roma 8 - 14022 Castelnuovo don Bosco (AT)
[2] Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Torino, via Valperga Caluso 35 - 10125 Torino
[3] Regione Piemonte - Direzione Opere Pubbliche, Difesa del Suolo, Economia Montana e Foreste - Settore Decentrato OO.PP. e Difesa Assetto Idrogeologico - C.so Dante, 163 - 14100 Asti, Italy

INDICE

1 – INTRODUZIONE *pag. 1*

2 - INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO *pag. 4*

2.1 – Inquadramento geografico *pag. 4*

2.2 – Inquadramento geologico *pag. 6*

2.2.1 – Struttura *pag. 6*

2.2.2 - Litologia. *pag. 9*

2.3 – Inquadramento climatico *pag. 15*

2.3.1 Precipitazioni nell'area di studio *pag. 16*

2.4 – Inquadramento idrologico *pag. 17*

2.5 – Inquadramento geomorfologico *pag. 20*

3 – IL DISSESTO IDROGEOLOGICO *pag. 23*

3.1 – Generalità *pag. 23*

3.1.1 - Dissesti legati alla dinamica di versante *pag. 24*

3.1.2 - Dissesti legati alla dinamica fluviale e torrentizia *pag. 27*

3.2 – Eventi pregressi *pag. 28*

3.2.1 - Dati pregressi sui dissesti legati alla dinamica di versante nell'area di studio *pag. 28*

3.2.2 - Dati pregressi sui dissesti legati alla dinamica fluviale e torrentizia nell'area di studio *pag. 36*

3.3 – Normativa *pag. 39*

3.3.1 - Evoluzione normativa e relativi riferimenti legislativi in ambito di difesa del suolo *pag. 39*

3.3.2 – Norme tecniche per le costruzioni *pag. 41*

3.3.3 - Riferimenti legislativi in ambito di codice della strada, *pag. 42*

3.3.4 - Prestazioni e criteri per una ottimale manutenzione delle strade *pag. 43*

3.3.5 - Riferimenti legislativi in ambito di danni da mancata manutenzione stradale *pag. 43*

4 – SPERIMENTAZIONE *pag. 45*

4.1 – Gli eventi meteorici calamitosi del periodo 2008-2011 *pag. 45*

4.1.1 – Eventi del dicembre 2008 e dell'aprile 2009 *pag. 45*

4.1.1.1 - L'evento meteorologico *pag. 46*

4.1.1.2 - Il dissesto idrogeologico *pag. 46*

4.1.2 - Evento del marzo 2011 *pag. 48*

4.1.2.1 - L'evento meteorologico *pag. 48*

4.1.2.2 - Il dissesto idrogeologico *pag. 50*

4.2 - Censimento dati e compilazione schede *pag. 54*

4.2.1 – Esempio 1 *pag. 56*

4.2.2 – Esempio 2 *pag. 61*

4.3 – Elaborazione e interpretazione dati *pag. 67*

4.3.1 - Considerazioni sui dissesti legati alla dinamica di versante *pag. 67*

4.3.1.1 - Rapporti con la rete stradale *pag. 68*

4.3.1.2 – Fattori predisponenti e scatenanti *pag. 71*

4.3.1.3 - Elementi di vulnerabilità della rete infrastrutturale secondaria e possibili interventi di prevenzione *pag. 73*

4.3.1.4 - Incidenza degli elementi di vulnerabilità individuati *pag. 85*

4.3.1.5 –Incidenza dell'uso del suolo *pag. 86*

4.3.1.6 – Tipologia interventi di consolidamento e costi *pag. 90*

4.3.1.6.1 - Cordolo in c.a. fondato su pali trivellati a grande diametro *pag. 90*

4.3.1.6.2 - Soletta in c.a. (1.50<L<2.50m) fondata su pali trivellati a grande diametro *pag. 91*

4.3.1.6.3 - Solettone in c.a. (3.00<L<4.50m) fondato su pali trivellati a grande diametro *pag. 93*
4.3.1.6.4 - Muri in c.a. *pag. 94*
4.3.1.6.5 - Gabbionate/terre rinforzate *pag. 95*
4.3.1.6.6 - Ricostruzione di porzioni di versanti con rilevati "forti" *pag. 96*
4.3.2 - Considerazioni sui dissesti legati alla dinamica fluviale e torrentizia *pag. 98*
4.3.2.1 - Cause scatenanti il dissesto dei corsi d'acqua collinari *pag. 100*
4.3.2.2 – Interventi e manutenzione *pag. 101*

5 – CONCLUSIONI *pag. 103*

BIBLIOGRAFIA *pag. 105*
RIFERIMENTI WEB *pag. 108*

1 – INTRODUZIONE

Il territorio dell'Unione Collinare Alto Astigiano è da sempre caratterizzato da un'ampia ed intensa utilizzazione del suolo, che fino alla metà del secolo scorso ha determinato la coltivazione della gran parte del territorio disponibile, compresi anche i settori fortemente acclivi, aree impluviali, ecc.

Per rendere sostenibile la gestione del territorio si era creato un equilibrio artificioso, mantenuto con una costante, capillare ed oculata opera degli agricoltori e delle popolazioni collinari.

Le attività erano costituite dalla realizzazione e dal mantenimento di opere di sistemazione idraulico – agraria quali terrazzamenti, gradonamenti, muretti a secco, reti idriche di dettaglio, drenaggi, ecc, associate ad un'attenta scelta delle tipologie di colturali (colture con basso grado di specializzazione, non monocolture).

Gli obiettivi degli interventi di sistemazione idraulico – agraria erano quelli di contenere l'erosione del suolo (limitando quindi i fenomeni di ruscellamento concentrato e diffuso), rendendoli compatibili e non superiori al naturale rinnovamento del suolo stesso originato dai processi pedogenetici.

Tali interventi avevano la finalità di consentire una maggiore infiltrazione delle acque meteoriche, ridurre le velocità di ruscellamento, intercettare e canalizzare in idonei recapiti le acque di deflusso superficiale ed evitare ristagni.

A partire dal secondo dopoguerra si è registrato il progressivo abbandono delle campagne ed in particolare di quelle porzioni di territorio difficilmente accessibili con i mezzi meccanici o poco produttive dal punto di vista agricolo. In particolare sono state abbandonate le aree collinari ubicate su versanti fortemente acclivi, quindi particolarmente soggette all'azione degli agenti esogeni.

Questa situazione è stata ulteriormente aggravata dalla meccanizzazione dell'agricoltura che ha determinato la perdita e l'abbandono delle sistemazioni idraulico – agrarie diffuse sul territorio che avevano determinato un equilibrio tra le attività agricole e l'equilibrio idrogeologico del territorio.

La ricerca di superfici coltivabili sempre più estese, che consentissero un più agevole e redditizio uso dei mezzi meccanici, ha inoltre obliterato i sistemi capillari di regimazione delle acque superficiali.

Le situazioni nelle quali sono state mantenute le opere di sistemazione idraulico – forestali, sono state progressivamente abbandonate in seguito agli alti costi di manutenzione e gestione, con conseguente degradazione e perdita della funzionalità delle opere stesse.

Conseguenza diretta di questi cambiamenti è stato l'incremento dei processi di dissesto idrogeologico sul territorio collinare, quali l'instabilità dei versanti ed i fenomeni di erosione superficiale con ripercussioni sulle vie di comunicazione e sui centri abitati.

Gli effetti si sono inoltre registrati anche nelle aree di fondovalle e di pianura con drastico aumento dei deflussi idrici dei corsi d'acqua e dei fenomeni di trasporto solido.

Negli ultimi anni è maturata la consapevolezza dell'importanza di una gestione sostenibile del territorio in grado di mantenere un equilibrio tra le necessità delle produzioni agricole e la conservazione dell'equilibrio idrogeologico del territorio.

A seguito degli eventi naturali del dicembre 2008 e dell'aprile 2009 si sono ulteriormente aggravate le situazioni di dissesto idrogeologico sul territorio dei Comuni appartenenti alla Comunità Collinare Alto Astigiano. Il Governo Italiano per i due eventi eccezionali ha riconosciuto la calamità naturale di rilievo nazionale.

Il territorio dei Comuni dell'Unione presenta particolari criticità dal punto di vista del dissesto idrogeologico e pertanto necessita di un attenta costante attività di monitoraggio da parte degli Enti Locali ai fini della sicurezza, della prevenzione e dell'allertamento.

I dati di monitoraggio costituiscono elementi conoscitivi essenziali e necessari che devono essere utilizzati sia per la redazione che per l'aggiornamento delle banche dati di emergenza e dei piani particolareggiati degli enti locali interessati, sia per l'implementazione del sistema regionale di prevenzione rischi.

L'Unione ha deciso di rivolgersi al Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Torino al fine di effettuare uno studio dei dissesti idrogeologici relativi al territorio dei comuni afferenti alla Comunità Collinare Alto Astigiano, finalizzato alla realizzazione di un manuale d'uso del suolo.

Obiettivo della ricerca è stato la redazione di un manuale che descriva la situazione relativa all'assetto geomorfologico del territorio e nel quale vengano indicati i principali fenomeni di dissesto idrogeologico e proposte le soluzioni di urgente realizzazione, oggetto di richiesta di contributi pubblici.

Il manuale potrà costituire un supporto (anche legislativo) per la corretta gestione del territorio da parte delle Amministrazioni Locali.

I suggerimenti o le norme derivanti dallo studio potranno avere adeguato recepimento all'interno dei piani di emergenza comunali da redigere o aggiornare e potranno avere ricadute sulle scelte locali al fine di mitigare e prevenire i livelli di rischio per le persone, per le strutture e per le infrastrutture presenti sul territorio, anche ai fini di una precisa progettazione di interventi di manutenzione straordinaria e salvaguardia del territorio stesso.

L'attività di ricerca è stata articolata nelle seguenti fasi:

1- censimento di non meno di n. 50 casi di dissesto idrogeologico segnalati negli ultimi anni e distribuiti il più possibile omogeneamente sul territorio della Comunità Collinare "Alto Astigiano" a partire dalle segnalazioni delle singole Amministrazioni comunali;
2- sopralluoghi su ciascun sito individuato per il rilevamento di terreno (rilievi geologico-tecnici, misure, foto, etc.) e il reperimento di dati relativi al dissesto censito (eventuali relazioni tecniche, foto dell'evento, testimonianze, etc.);
3- redazione di una scheda tecnica per ciascun caso di dissesto censito, successiva ai rilievi di terreno e alla raccolta dati, con individuazione delle cause naturali, antropiche, predisponenti e scatenanti il dissesto;
4- classificazione dei casi esaminati in tipologie di dissesti ricorrenti sul territorio della Comunità Collinare "Alto Astigiano";
5- per ciascuna classe di dissesto, individuazione delle misure e degli interventi preventivi (corretto uso del territorio) per la mitigazione del rischio geomorfologico;
6- eventuali indicazioni da inserire nelle normative di settore;
7- redazione di una relazione esplicativa sottoforma di manuale di corretto uso del territorio.

2 - INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO

Al fine di inquadrare l'assetto territoriale in cui si opera, nel presente capitolo vengono riassunti i dati geografici e morfologici, geologici, climatici, idrologici, geomorfologici dell'area di studio.

2.1 – Inquadramento geografico

L'Unione dei Comuni denominata Comunità Collinare Alto Astigiano è situata nel Piemonte centrale, nel nord-ovest del territorio della provincia di Asti (**Fig. 2.1**).

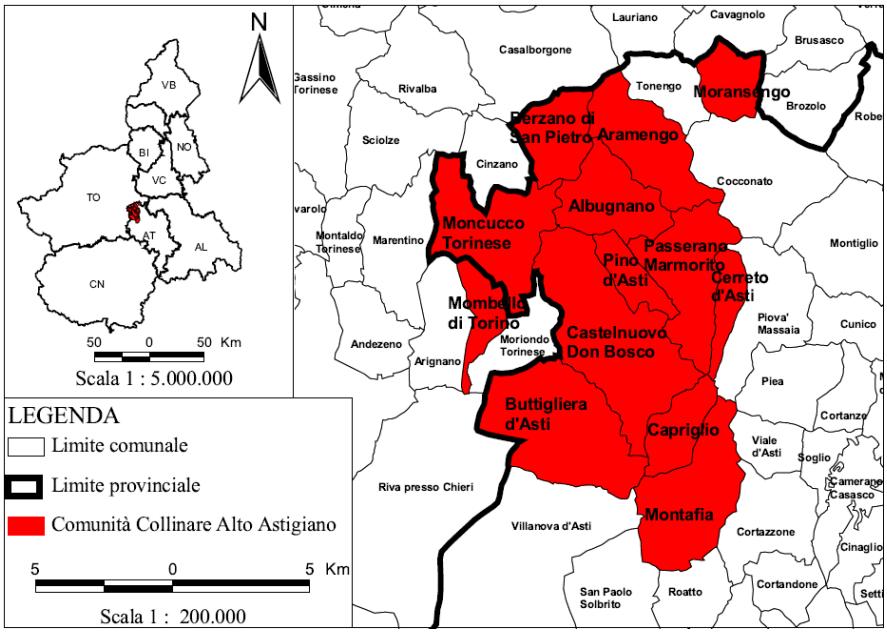


***Figura 2.1** – Inquadramento territoriale della Comunità Collinare Alto Astigiano.*

La suddetta Unione dei Comuni è costituita da 13 comuni, 12 dei quali in provincia di Asti (Albugnano, Aramengo, Berzano San Pietro, Buttigliera d'Asti, Capriglio, Castelnuovo Don Bosco, Cerreto d'Asti, Moncucco Torinese, Montafia, Moransengo, Passerano Marmorito, Pino d'Asti) ed uno (Mombello di Torino), in provincia di Torino.

Il territorio in oggetto confina:

- a nord con i comuni di Cinzano, Sciolze, Casalborgone, Cavagnolo (tutti in provincia di Torino) e Tonengo (AT);

- a est con i comuni di Brozolo (TO), Cocconato, Piovà Massaia, Piea, Viale d'Asti e Cortazzone (in provincia di Asti);

- a sud con i comuni di Roatto, San Paolo Solbrito e Villanova d'Asti (tutti in provincia di Asti);

- ad ovest con i comuni di Riva presso Chieri, Moriondo T.se, Arignano e Marentino (tutti in Provincia di Torino).

Nella **Tabella 2.1** vengono riportati alcuni dati relativi all'estensione areale ed alla popolazione dei diversi comuni; i dati sono stati messi a disposizione dall'Ufficio Tecnico della Comunità Collinare Alto Astigiano.

Tabella 2.1 - *Dati relativi all'estensione areale ed alla popolazione del territorio di studio (**RIF. WEB N.1** per il comune di Mombello di Torino, e **RIF. WEB N.2** per gli altri comuni).*

Comune	Superficie (km^2)	Superficie centri edificati (km^2)	Abitanti	Densità Abitanti (ab/km^2)
Albugnano	9,47	0,87	543	57
Aramengo	11,41	1,82	627	55
Berzano S. Pietro	7,42	0,33	440	57
Buttigliera d'Asti	18,82	3,22	2477	124
Capriglio	5,08	0,7	303	60
Castelnuovo Don Bosco	22	3,13	3189	142
Cerreto d'Asti	3,89	0,36	261	66
Mombello di Torino	4,09	0,64	401	93
Moncucco Torinese	14,36	1,57	923	63
Montafia	14,56	2,29	977	67
Moransengo	5,37	0,33	211	39
Passerano Marmorito	12,09	0,95	439	36
Pino d'Asti	4,05	0,36	242	60
TOTALE	132,61	16,57	11033	83

Le superfici dei centri edificati occupano il 12,5 % del territorio (16,57 su 132,61 km^2 totali).

Nella stessa tabella vengono riportati i dati relativi alla popolazione: si nota come la metà della popolazione risieda nei comuni di Castelnuovo Don Bosco (29 %) e Buttigliera d'Asti (22,5 %).

La densità media abitativa è di 83 abitanti al km^2, con valori massimi di densità di popolazione a Castelnuovo Don Bosco (142 ab./km^2) e Buttigliera d'Asti (124 ab./km^2) e valori minimi nei comuni di Moransengo (39 ab./km^2) e Passerano Marmorito (36 ab./km^2).

2.2 – Inquadramento geologico

L'area oggetto del presente studio è compresa nei rilievi dei fogli 56 Torino, 57 Vercelli, 68 Carmagnola e 69 Asti, della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e descritta nelle relative note illustrative (BONSIGNORE *et alii*, 1969; CARRARO *et alii*, 1969; BONI & CASNEDI, 1970).

Il settore meridionale dell'area di studio è stato oggetto di un rilievo di dettaglio realizzato da BOANO & FORNO e pubblicato nel 1999 come "Carta geologica della successione <<Villafranchiana>> nell'area di Castelnuovo Don Bosco (Asti)" alla scala 1:20.000.

Nel settore settentrionale dell'area di studio sono stati realizzati rilievi più recenti nell'ambito del progetto CARG, con la pubblicazione dei fogli a scala 1:50.000 Trino e Torino Est e delle relative note illustrative (DELA PIERRE *et alii*, 2003; FESTA *et alii*, 2009).

Nelle considerazioni relative alla stratigrafia e nella descrizione dell'evoluzione sedimentaria e strutturale dell'area si farà riferimento alle più recenti carte a scala 1:50.000, integrandole, per la parte più meridionale, con la carta di BOANO & FORNO (1999).

2.2.1 – Struttura

L'area di studio ricade nel Bacino Terziario Piemontese (BTP) che rappresenta un bacino sedimentario formato da sedimenti molassici marini di età compresa tra l'Oligocene ed il Pliocene, i quali mascherano le relazioni tra la catena alpina e quella appenninica, e può essere suddiviso in tre grandi unità geometrico-paleogeografiche: a) il BTP *s.s.*, comprendente il bacino delle Langhe, l'Alto Monferrato, la zona Borbera-Grue; b) il Monferrato, c) la Collina di Torino (GELATI & GNACCOLINI, 1988; BIELLA *et alii*, 1997). Questo bacino è interessato da tre elementi strutturali regionali (**Fig. 2.2**).

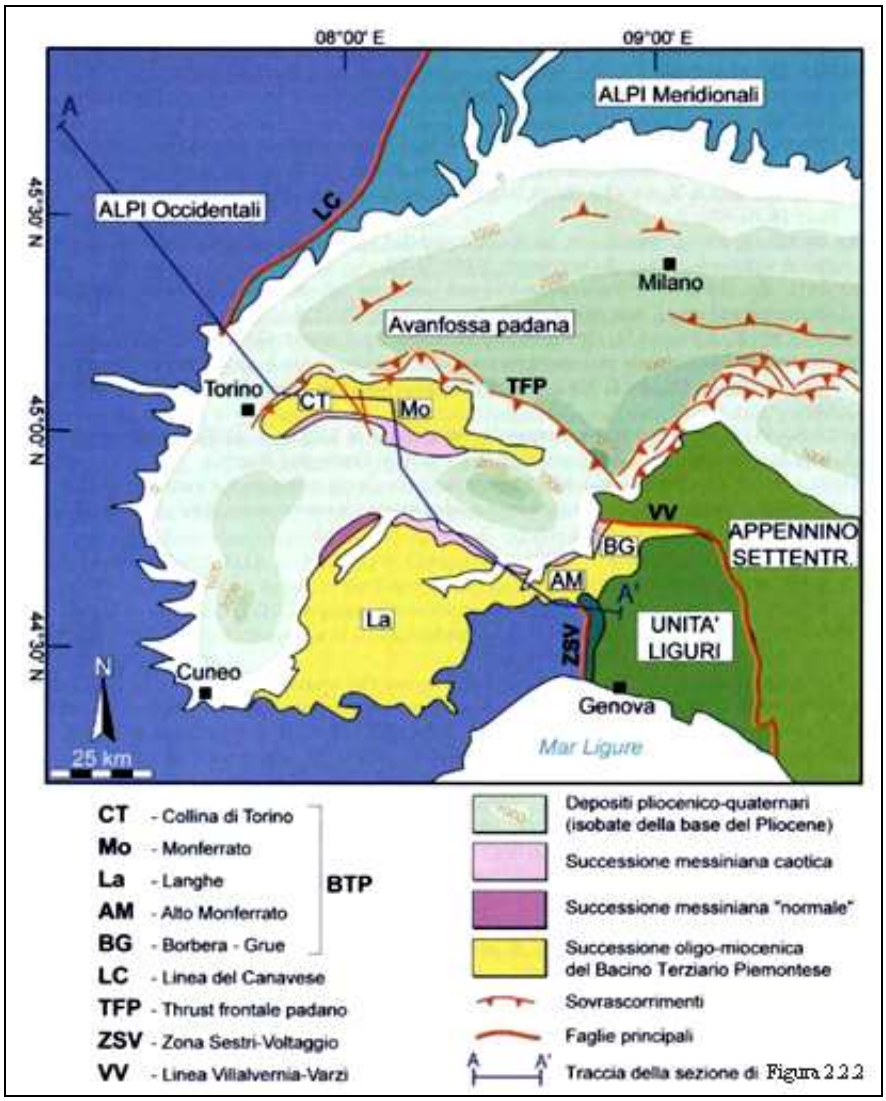


Figura 2.2 *– Schema strutturale dei bacini terziari nella zona di giunzione tra Alpi ed Appennino. Modificato da FESTA et alii (2009).*

La Linea Villavernia-Varzi (LVV), la quale tronca a est i depositi del BTP, costituisce una superficie di accavallamento del margine interno delle Alpi già deformate sulle unità appenniniche; questo accavallamento sarebbe avvenuto nel Miocene medio-sup., età stabilita in base all'età dei sedimenti terziari implicati lungo la LVV e ne rappresenta l'elemento di separazione tra la vergenza alpina ed appenninica secondo ELTER & PERTUSATI (1973). Questo limite rappresenta, quindi, il limite Alpi-Appennino.

La Linea Sestri-Voltaggio (SV), rappresenta il secondo elemento strutturale regionale che separa le unità del basamento metamorfico alpino e le unità del basamento ad andamento

nord-sud, il cui movimento si è protratto fino alla parte alta dell'Oligocene inferiore. A partire da tale data le unità a diverso metamorfismo e a diverso livello strutturale, il Gruppo di Voltri a ovest e le Liguridi interne a est, vengono sigillate e da questo momento si comportano come un blocco unico con il BTP, di cui costituiscono il substrato. Le deformazioni legate alla SV sono quindi precedenti alla deformazione appenninica, che inizia nell'Oligocene superiore: quindi la Sestri-Voltaggio non può essere considerata come il limite tra le Alpi e l'Appennino (ELTER & PERTUSATI, 1973). Attualmente la LSV viene considerata non un lineamento tettonico singolo, ma una zona di deformazione: Zona Sestri-Voltaggio.

Infine, la Zona di deformazione del Rio Freddo, riconosciuta e studiata solo negli ultimi anni, è allungata in direzione NNW-SSE ed ha larghezza variabile da 2 a 3 km: separa la Collina di Torino dal Monferrato (PIANA & POLINO, 1994), coinvolge le scaglie liguridi e può essere interpretata come il proseguimento verso ovest della LVV (**Fig. 2.3**).

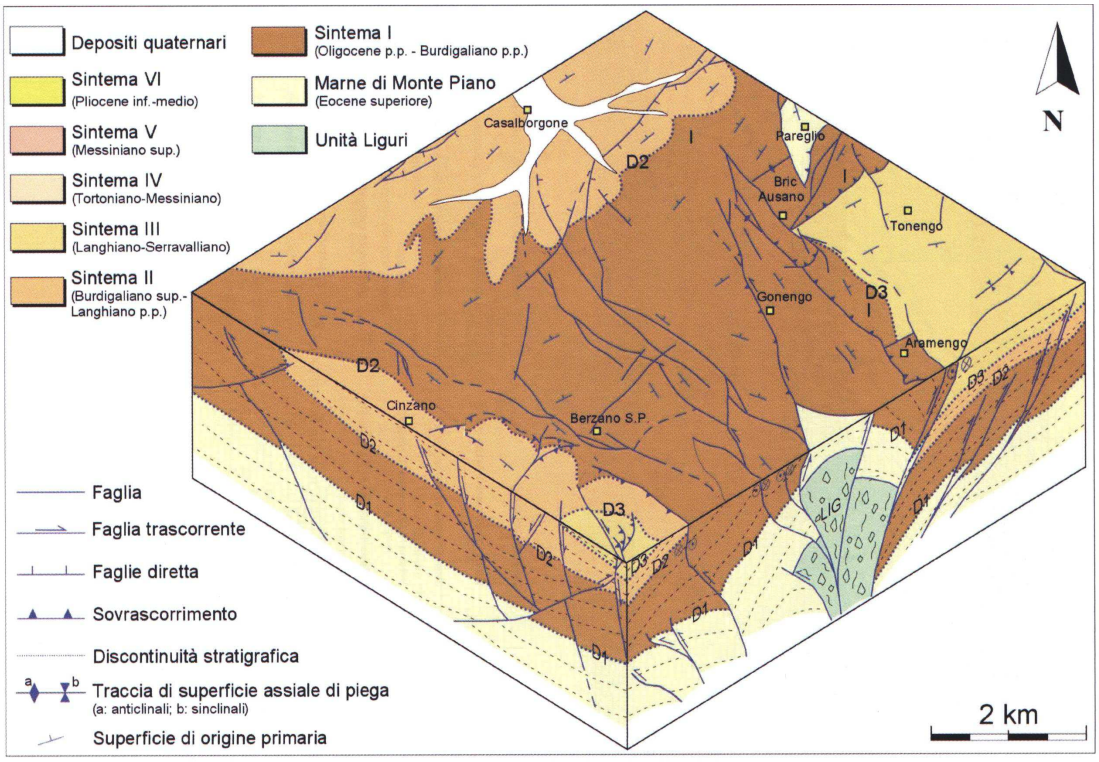


Figura 2.3 – *Diagramma a blocco della Zona di deformazione di Rio Freddo nel settore di giunzione del Foglio Torino Est e del Foglio Trino.*

2.2.2 – Litologia

La litologia è rappresentata nella **Figura 2.4** dove viene proposta una cartografia riepilogativa a scala 1:50.000 dell'intero territorio, ottenuta integrando i dati della Carta Geologica a scala 1:50.000 con quelli della carta di BOANO & FORNO (1999).

In **Tabella 2.2,** viene visualizzata invece la successione litostratigrafica di seguito descritta.

Complesso caotico di La Pietra (**CCP**) – Cretacico superiore, Eocene Medio-
Blocchi immersi in matrice caotica. I blocchi sono prevalentemente costituiti da:
- calcari micritici bianco-grigiastri, talvolta bioturbati, a frattura concoide;
- litoareniti a cemento carbonatico, talvolta laminate, con granuli solitamente ben arrotondati costituiti da frammenti di rocce sedimentarie e cristalline;
- calcari marnosi grigi a radiolari e spicole di spugna.

Ambiente deposizionale: zona batiale medio-inferiore.
Corrispondenza con altri studi: Complesso Indifferenziato (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1969 a); accorpa il "Complesso di Lauriano" e il "Flysch di Monteau da Po" di Bonsignore *et alii* (1969).

Marne di Monte Piano (**MMP**) – Eocene superiore -
Peliti e marne calcaree poco cementate, a stratificazione mal distinta di colore grigio - verdastro con tipica frattura concoide.
Spessore: circa 200 m.
Ambiente deposizionale: zona da epi a meso-batiale.
Corrispondenza con altri studi: Formazione di Gassino (Fogli Vercelli e Torino, II ed).

Formazione di Cardona (**CAD**) – Oligocene p.p.-
La parte basale (**CADa**) è costituita da conglomerati eterometrici a stratificazione mal distinta, caratterizzati da ciottoli e blocchi separati da una matrice arenaceo-pelitica. I clasti, di dimensioni massime fino a 70-80 cm sono costituiti da rocce ofiolitiche, marmi, calcescisti, granitoidi, ecc. Verso l'alto i conglomerati passano ad arenarie giallastre grossolane molto bioturbate, in strati di potenza metrica, e a alternanze ritmiche arenaceo-pelitiche intensamente bioturbate (**CAD**).
Spessore: da 150 m (Piazzo e Colle Battaina) a 300 m (Est di Albugnano).
Ambiente deposizionale: Zona batiale (scarpata).
Corrispondenza con altri studi: Arenarie di Ranzano (F. Vercelli e Torino, II ed); Unità di Cardona (CLARI *et alii*, 1987).

Formazione di Antognola (**ANT_1; ANT_7**) – Oligocene sup., Aquitaniano -
ANT_1 *Membro marnoso-siltoso*. Marne siltose brune e grigiastre, a stratificazione mal distinta con intercalazioni di arenarie giallastre in strati gradati e laminati di potenza compresa tra 10 cm ed un metro, spesso con base erosiva.
Spessore: da 100-150 m nei pressi di Moransengo fino a circa 400-500 m verso il Santuario di Crea.
Ambiente deposizionale: zona batiale (scarpata)
ANT_7 *Membro arenaceo-conglomeratico*. Arenarie grossolane giallastre, con subordinati livelli di spessore metrico di arenarie conglomeratiche e paraconglomerati.
Ambiente deposizionale: *fan-delta slope*.
Corrispondenza con altri studi: Formazione di Superga (CITA & ELTER, 1960), Calcari di Marmorito (CLARI *et alii*, 1988, 1994), Arenarie di Aramengo (BONCI *et alii*, 1990).

Marne a Pteropodi Inferiori (**MPI_1; MPI_2**) – Burdigaliano p.p. -
MPI_1: *Membro marnoso-siliceo*. Alternanze più o meno fitte di marne siltose bioturbate cui si intercalano marne silicizzate cementate a frattura scheggiosa e a patina di alterazione brunastra, in strati di spessore compreso tra 5 e 20 cm.
Spessore: da 150-200 m nel settore occidentale del foglio 156 fino ad annullarsi nel settore di Sciolze e Berzano san Pietro.
Contenuto fossilifero: spicole di spugna, radiolari, foraminiferi plantonici e bentonici.
Ambiente deposizionale: Zona epibatiale (scarpata continentale).

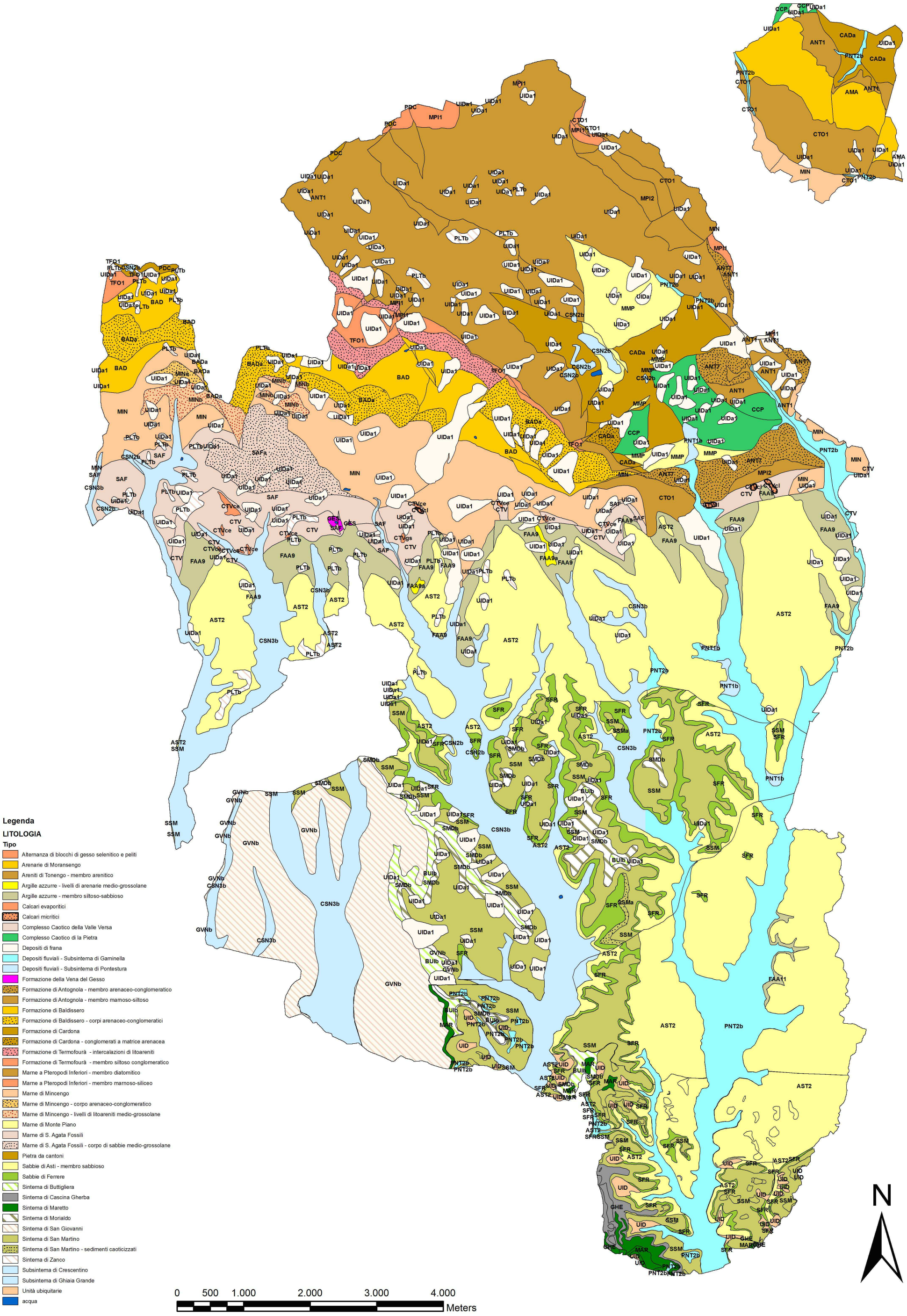


Figura 2.4 – *Carta geolitologica del territorio della Comunità Collinare Alto Astigiano.*

Tabella 2.2 – *Successione litostratigrafica dell'area di studio. Vengono riportati in tratteggio rosso i contatti di discontinuità a scala regionale ed il contatto tettonico tra la successione paleogenico-neogenica e le Unità Liguri.*

Sintema	Gruppo	Sigla	Nome	
		UID	Unità ubiquitarie	Successione quaternaria
	Sintema di Gambarello (BACINI TRIBUTARI)	CSN_3	Subsintema di Ghiaia Grande	
		PNT_2	Subsintema di Gaminella	
		PNT_1	Subsintema di Pontestura	
	Paleocollettore meridionale (PALEO-PO)	GVN	Sintema di San Giovanni	
		PLT	Sintema di Zanco	
		BUI	Sintema di Buttigliera	
		SMD	Sintema di Morialdo	
VI	Successione Villafranchiana	SSM	Silt di San martino	Successione paleogenico-neogenica
		SFR	Sabbie di Ferrere	
		AST_2	Sabbie di Asti	
		FAA_a	Argille azzurre	
V		$CTV_{d\ ce\ gs}$	Complesso caotico della Valle Versa	
IV		GES	Formazione della vena del gesso	
		SAF_a	Marne di S. Agata Fossili	
III		$MIN_{a,b}$	Marne di Mincengo	
	Gruppo di Pino Torinese	CTO_1	Areniti di Tonengo	
		BAD_a	Formazione di Baldissero	
II	Gruppo di Sciolze	AMA	Arenarie di Moransengo	
		$TFO_{1,1a}$	Formazione di Termofourà	
I		MPI2; MPI1	Marne a Pteropodi Inferiori	
		ANT7; ANT1	Formazione di Antognola	
		CAD	Formazione di Cardona	
		MMP	Marne di Monte Piano	
	Unità Liguri	CCP	Complesso caotico di La Pietra	Unità liguri

MPI_2: *membro diatomitico*. Marne diatomitiche e diatomiti biancastre, porose e leggere, spesso con noduli di selce bruni, con intercalazioni di livelli siltosi.
Spessore: 50-60 m ad Aramengo e Marmorito; 100 m a Morsingo.
Ambiente deposizionale: piattaforma esterna e scarpata superiore.
Corrispondenza con altri studi: "Diatomiti di Marmorito" (BONCI *et alii*, 1990).
Formazione di Termofourà (**TFO**) – Burdigaliano superiore -
membro siltoso-conglomeratico (**TFO1**), marne siltose e siltiti di colore grigio-giallastro, a stratificazione mal distinte. A questi sedimenti si intercalano strati decimetrici di litoareniti ricche in granuli di serpentiniti (**TFO1a**).
Spessore: varia lateralmente da poche decine di metri nel settore di Albugnano a circa 400 m nel settore occidentale del Foglio 157 Torino Est.
Contenuto fossilifero: molluschi, coralli e macromammiferi.
Ambiente deposizionale: zona infra e circa litorale(piattaforma esterna); epibatiale (scarpata continentale).
Corrispondenza con altri studi: Complesso di Termo Forà (Foglio Torino a scala 1:100.000).
Arenarie di Moransengo (**AMA**) – Burdigaliano p.p., Langhiano p.p. -
Marne calcaree a stratificazione mal distinta intercalate da livelli arenacei giallastri. Presenza di livelli terrigeni grossolani rappresentati da:

- conglomerati poligenici a matrice arenacea con ciottoli arrotondati di dimensioni pluridecimetriche;
- arenarie da microconglomeratiche a grossolane;
- *pebbly mudstones*;
- livelli caotici con matrice marnoso-siltosa inglobante ciottoli arrotondati.

Spessore: circa 300 m.
Ambiente deposizionale: scarpata.
Corrispondenza con altri studi: Formazione di Termo Forà (Foglio Vercelli a scala 1:100.000).
Formazione di Baldissero (**BAD**) – Langhiano -
Marne e areniti ibride a foraminiferi planctonici e glauconia, intensamente bioturbate. Nel settore di Bric del Vai, Bric Martina e Cimena, è osservabile un corpo arenaceo-conglomeratico (**BAD_a**) con geometria lenticolare a scala chilometrica.
Spessore: 150 - 450 m **BADa**: 350 m max.
Contenuto fossilifero: molluschi, resti di echinidi, foraminiferi planctonici, bentinici uniserali e resti vegetali.
Ambiente deposizionale: Zona da circalitorale a epibatiale (zona di transizione tra piattaforma esterna e scarpata).
Corrispondenza con altri studi: Complesso di Baldissero (Foglio Torino a scala 1:100.000).
Areniti di Tonengo (**CTO**) – Langhiano -
membro terrigeno (**CTO_1**): areniti ibride a foraminiferi planctonici e glauconia, intensamente bioturbate e con un'elevata percentuale di granuli terrigeni.
Spessore: 100 m
Contenuto fossilifero: frustoli vegetali.
Ambiente deposizionale: Piattaforma.
Corrispondenza con altri studi: Formazione di Baldissero (Foglio Vercelli a scala 1:100.000).
Marne di Mincengo (**MIN) –** Serravalliano -
Marne calcaree biancastre a stratificazione mal distinta e a frattura concoide. A S. Giorgio Vergnano è presente un corpo arenaceo conglomeratico (**MINa**) di estensione chilometrica e spessore max di circa 200 m, contenente clasti di serpentiniti e subordinate quarziti. A sud di S. Giorgio Vergnano e S. Giuseppe sono presenti livelli decimetrico-metrici di lito-areniti medio-grossolane (**MINb**).
Spessore: 100 m.
Contenuto fossilifero (**MINb**): frammenti di bivalvi e gasteropodi.
Ambiente deposizionale: scarpata superiore.
Marne di S. Agata Fossili (**SAF**) – Tortoniano, Messiniano inferiore -
Argille e marne argillose grigio-azzurre, intensamente bioturbate e a stratificazione mal distinta, con intercalazioni, nella parte sommitale, di livelli pelitici laminati nerastri. Nella parte bassa della formazione (Montaldo T.se, Moncucco T.se, Marentino e Cappella del Rocciamelone), è presente un corpo di sabbie grossolane (**SAFa**) di potenza massima di 300 m, con intercalazioni livelli conglomeratici.
Spessore: 100-150 m.
Ambiente deposizionale: piattaforma esterna.

Formazione della vena del gesso (**GES**) – Messiniano -
Evaporiti primarie, affiora unicamente nella cava di gesso di Moncucco Torinese. I depositi evaporitici mostrano un marcato carattere ciclico, evidenziato dalla presenza di livelli pelitici neri, di potenza decimetrica, intercalati a banchi di gesso selenitico spessi 10-30 m. Questi depositi appaiono ancora nella posizione stratigrafica originaria.
Spessore: 80 m.
Contenuto fossilifero: frustoli vegetali.
Ambiente deposizionale: laguna ipersalina.
Complesso caotico della Valle Versa (CTV $_{cl\ ce\ gs}$) – Messiniano superiore -
Quest'unità è in larga misura costituita da blocchi competenti di varia dimensione e composizione, inglobati in una "matrice" a composizione pelitica (**CTV**), scarsamente affiorante. Gs: blocchi di gesso; ce: blocchi di carbonati vacuolari; cl: calcari micritici fossiliferi, calcari marnosi, brecce carbonatiche.
Contenuto fossilifero: ostracoidi e molluschi.
Corrispondenza con altri studi: Formazione gessoso-solfifera del Foglio 57 Vercelli (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1969 a).
Argille azzurre (**FAA**) – Pliocene inferiore -
M*embro siltoso-argilloso* (**FAA9**)*:* silt e argille di colore nocciola interessati da un'intensa bioturbazione, che ha cancellato quasi del tutto le strutture sedimentarie originarie, permettendo il riconoscimento solo in alcuni casi di tracce di stratificazione piano-parallela. A questi sedimenti sono intercalati corpi lenticolari arenacei e talvolta conglomeratici, di colore giallo, con stratificazione incrociata concava, con spessore fino a 5 m (**FAA9a**).
Spessore: 100 m.
Contenuto fossilifero: Molluschi marini (prevalentemente Gasteropodi, e subordinatamente Bivalvi e Echinoidi.
Ambiente deposizionale: epibatiale.
Corrispondenza con altri studi: "Pliocene in facies di Piacenziano" F. 56 Torino (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1969 b); Argille di Lugagnano F. 57 Vercelli (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1969 a).
Sabbie di Asti (**AST**) – Pliocene inferiore -
Membro sabbioso (**AST_2**): sabbie medio-fini, omogenee, di colore giallo, con un notevole grado di addensamento e una localizzata cementazione carbonatica; le sabbie sono caratterizzate da una stratificazione poco evidente riconducibile a una blanda stratificazione piano-parallela. Localmente sono presenti inoltre strutture da moto ondoso corrispondenti a *ripples* simmetrici. Complessivamente mostrano una giacitura suborizzontale o blandamente inclinata verso S, SE e SW.
Spessore: maggiore di 100 m.
Contenuto fossilifero: Bivalvi, Gasteropodi, Brachiopodi, anche molto abbondanti. I sedimenti sono spesso interessati da un'evidente bioturbazione (Thalassinoides) che oblitera le superfici di stratificazione.
Ambiente deposizionale: circalitorale e litorale.
Corrispondenza con altri studi: "Astiano" (F. Torino e Vercelli, Sacco 1935); "Pliocene in facies Astiana" F. 56 Torino (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1969 b); Formazione delle Sabbie di Valle Andona F. 57 Vercelli (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1969 a).
Sabbie di Ferrere (**SFR**) – Pliocene medio -
Sabbie medio-grossolane di colore bruno-rossastro con stratificazione incrociata concava; subordinatamente sono intercalati silt di colore bruno a laminazione piano-parallela. Entro le sabbie grossolane localmente si sviluppano corpi canalizzati di dimensioni metriche, la cui base è sottolineata dalla presenza di ciottoli con diametro centimetrico e *clay-chip*.
Spessore: 10-25 m.
Contenuto fossilifero: frammenti di dimensioni centimetriche di gasteropodi, bivalvi, brachiopodi, echinoidi e scafopodi; frustoli vegetali, impronte di foglie, tronchi e rami fluitati. Parti scheletriche disarticolate di mammiferi continentali.
Ambiente deposizionale: fronte deltizio, meso-infra litorale.
Corrispondenza con altri studi: Unità di Ferrere (CARRARO, 1996; BOANO & FORNO, 1999).
Silt di San martino (**SSM**) – Pliocene medio –
Ripetute alternanze di silt e silt argillosi e di sabbie minute, entrambi caratterizzati da colore grigio e da sensibile addensamento; localmente sono presenti sabbie grossolane con stratificazione incrociata concava, di colore bruno-giallastro, che preservano localmente *ripple marks*. Locale presenza di orizzonti risedimentati da fenomeni gravitativi sinsedimentari, con spessore metrico (**SSMa**).

Spessore: 50 m.
Contenuto fossilifero: Gusci di gasteropodi (Planorbarius, Viviparus, Valvata) e lamellibranchi dulcicoli, resti vegetali riconducibili a foglie (Taxodium, Corylus, Anlus, Glyptostrombus), frammenti di canne palustri e radici. Rinvenimento di mammiferi continentali. Le associazioni a foraminiferi evidenziano la presenza di associazioni salmastre ed infralitorali rimaneggiate.
Ambiente deposizionale: piana deltizia.
Corrispondenza con altri studi: Unità di San Martino (BOANO & FORNO, 1999).

Sintema di Morialdo (**SMD**) – Pleistocene inferiore -
Sabbie e sabbie ghiaiose caratterizzate da una stratificazione incrociata concava: presentano una sensibile alterazione in tutto il loro spessore, evidenziata dal colore prevalentemente bruno-giallastro (7,5 YR 4/8). I ciottoli, con diametro compreso tra 2 e 5 cm, mostrano un elevato arrotondamento e media sfericità e risultano costituiti in prevalenza da quarziti, serpentiniti, gneiss, micascisti, dolomie, gabbri e prasiniti. Questi depositi colmano una depressione ad andamento concavo la cui base è rappresentata da una superficie d'erosione articolata, impostata nei sedimenti riferibili ai Silt di San Martino (osservabile a Buttigliera d'Asti e a Castelnuovo Don Bosco).
Spessore: 10-30 m.
Ambiente deposizionale: fluviale.

Sintema di Buttigliera (**BUI**) – Pleistocene inferiore -
Silt argillosi privi di stratificazione e con caratteristiche omogenee sia verticalmente che arealmente, localmente contengono una modesta frazione sabbiosa. Presentano al loro interno numerose concrezioni carbonatiche subsferiche, con diametro compreso tra pochi centimetri e un decimetro ricche di ossidi di ferro e manganese, e hanno un aspetto screziato per la presenza di bande ossidate di colore bruno rossastro (7,5 YR 4/8) e di bande ridotte di colore grigio (5 Y 4/2) a costituire *pseudogley.*
Spessore: Circa 20 m in prossimità della scarpata che delimita verso Est l'Altopiano di Poirino; alcuni metri in corrispondenza alle sommità delle dorsali collinari
Ambiente deposizionale: fluviale.

Sintema di Zanco (**PLT**) – Pleistocene medio -
Silt privi di stratificazione caratterizzati da un modesto grado di addensamento. Nella parte inferiore di questi sedimenti si rinvengono corpi lenticolari ghiaiosi con spessore decimetrico ed estensione laterale di qualche metro: i ciottoli con sensibile arrotondamento e con diametro decimetrico sono mescolati ad una abbondante matrice siltoso-argillosa. Sono conservati sulla sommità delle dorsali spartiacque, sospese fino a un centinaio di metri rispetto agli attuali fondovalle, costituiscono il riempimento di ampi relitti di meandro. Appaiono localmente coperti dal loess o da sabbie eoliche.
Spessore: 3 – 10 m.
Ambiente deposizionale: fluviale.

Sintema di San Giovanni (**GVN**) – Pleistocene superiore -
Tali sedimenti sono distribuiti nel settore settentrionale dell'Altopiano di Poirino e sono associati a relitti di fasce meandriche con sviluppo circa E-W. Silt sabbiosi con un modesto tenore in argilla, privi di stratificazione e con caratteristiche omogenee sia arealmente che verticalmente. Sono interessati da un debole arricchimento nella frazione argillosa e una blanda ossidazione dei composti di ferro responsabile del colore prevalentemente bruno-giallastro (10 YR 5/4).
Spessore: 5 – 15 m.
Ambiente deposizionale: fluviale.

Subsintema di Pontestura (**PNT_1**) – Pleistocene superiore, Olocene -
I depositi risultano sospesi di non più di 6-8 m rispetto agli attuali fondovalle, dai quali sono separati da scarpate di erosione sensibilmente rimodellate. Silt e silt sabbiosi poco addensati, generalmente privi di stratificazione e con sporadiche intercalazioni ghiaiose.
Spessore: inferiore a 2-3 m.
Ambiente deposizionale: fluviale.

Subsintema di Gaminella (**PNT_2**) – Olocene, Attuale -
Depositi fluviali attualmente in evoluzione presenti nell'area collinare. Colmano il fondo delle principali incisioni vallive, talora per ampiezze superiori ai 2 km, come nel caso della bassa Valle Stura e della bassa Valle Versa. Si tratta di silt e silt sabbiosi poco addensati e di colore bruno (10 YR), contenenti locali e sporadici livelli e lenti sabbioso-ghiaiose e ghiaiose. La superficie di appoggio basale è il più delle volte modellata nel substrato pre-

quaternario, posto a pochi metri di profondità. Al margine delle fasce di fondovalle i depositi fluviali si interdigitano con i prodotti colluviali che rivestono in modo discontinuo i versanti collinari e che svolgono in tal modo una funzione di raccordo tra fondovalle e rilievi.
Spessore: pochi metri.
Ambiente deposizionale: fluviale.
Subsintema di Ghiaia Grande (**CSN_3**) – Olocene, Attuale –
Nell'area collinare ed in corrispondenza dell'Altopiano di Poirino i depositi riferiti a quest'unità colmano il fondo delle principali incisioni vallive.
I depositi sono eterogenei, prevalentemente siltosi e sabbioso-siltosi con locali intercalazioni ghiaiose, generalmente poco alterati (2,5 YR).
Spessore: 5-20 m.
Ambiente deposizionale: fluviale.
Unità ubiquitarie (**UID**) – Pleistocene superiore, Attuale -
Accumuli di frana. La distribuzione degli accumuli rispecchia sostanzialmente le differenti caratteristiche litologiche, strutturali e giaciturali del substrato roccioso e la varia composizione e distribuzione delle coltri superficiali coinvolte(prevalentemente di natura colluviale). Anche i caratteri sedimentologici degli accumuli variano in funzione della natura del substrato e delle coltri superficiali.

2.3 – Inquadramento climatico

Le condizioni climatiche che caratterizzano il territorio della Comunità Collinare Alto Astigiano sono rappresentate da valori di precipitazioni medie annue comprese tra i 700 e i 900 mm (**Fig. 2.5**), da temperature massime medie annue comprese tra i 14 e i 16 °C e da temperature minime medie annue comprese tra i 9 e i 7 °C (**Fig. 2.6**).

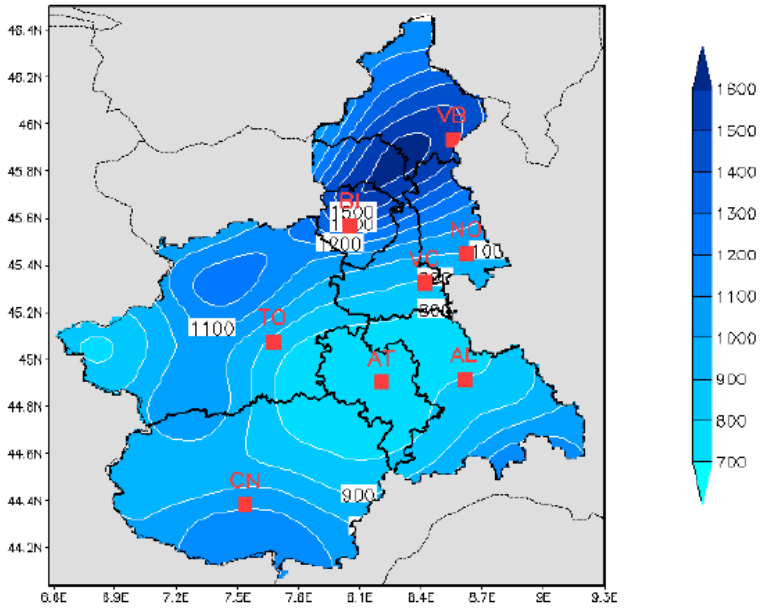


***Figura 2.5** – Precipitazione cumulata (mm) annua media 1971-2000. Fonte dati: Arpa Piemonte, 2010 (**RIF. WEB N. 3**).*

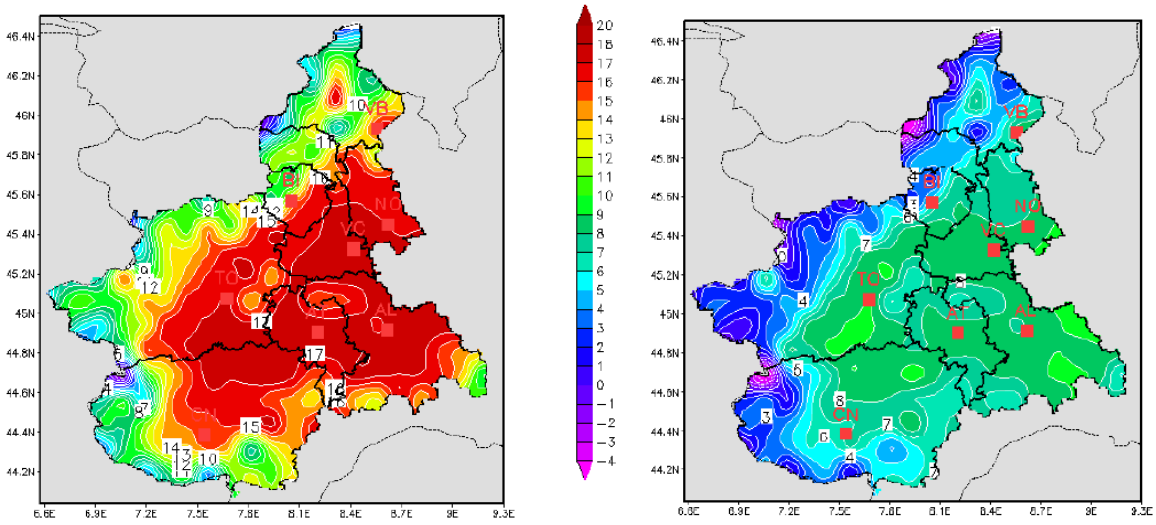


Figura 2.6 *– Temperatura (°C) massima e minima annua media 1971-2000. Fonte dati: Arpa Piemonte, 2010 (**RIF. WEB N.** 3).*

2.3.1 Precipitazioni nell'area di studio

Al fine di determinare nel dettaglio la distribuzione delle precipitazioni che caratterizzano il territorio della Comunità Collinare Alto Astigiano sono state considerate le serie dei dati di osservazione di alcune stazioni meteorologiche della rete di monitoraggio di Arpa Piemonte. Per analizzare i dati pluviometrici sono state scelte le stazioni di Buttigliera d'Asti, Marentino, Montechiaro d'Asti, Tonengo e Pino Torinese (**Tab. 2.3** e **Fig. 2.7**).

Tabella 2.3 *– Dati relativi alle stazioni meteorologiche di riferimento. Elaborazione dei dati tratti dal **RIF. WEB N. 4**.*

COMUNE	CODICE	INIZIO MISURE	QUOTA (m s.l.m.)	PRECIPITAZIONI MEDIE ANNUE (mm)
Buttigliera d'Asti (AT)	S4195	26/03/2005	290	734
Marentino (TO)	274	6/12/1995	345	707
Montechiaro d'Asti (AT)	139	7/04/1989	200	652
Pino Torinese (TO)	120	19/05/1988	608	686
Tonengo (AT)	209	30/08/1996	480	787

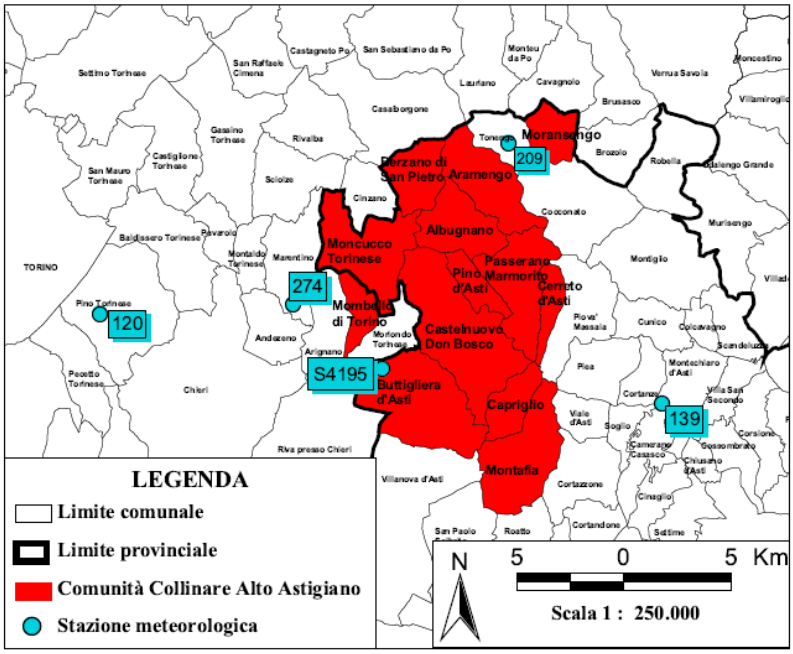


Figura 2.7 *– Ubicazione delle stazioni meteorologiche di riferimento.*

A dispetto di piogge medie annue che risultano tra le più basse della regione, la loro concentrazione in alcuni periodi dell'anno o la loro concomitanza con alcune condizioni predisponenti sui versanti causano i fenomeni di dissesto idrogeologico descritti nei capitoli successivi.

2.4 – Inquadramento idrologico

Dalla consultazione dei dati disponibili in rete dell'Autorità di bacino del fiume Po, si nota come il settore di interesse sia compreso in tre bacini idrografici principali (**Fig. 2.8**, **Tab. 2.4**). In linea generale si individua l'intersezione di più linee spartiacque presso Cinzano, ad una quota di 495 m s.l.m., le quali delimitano:

- verso nord un bacino a cui appartengono i corsi d'acqua direttamente affluenti nel F. Po e qui denominato Stura del Monferrato, Rotaldo, Craviola. Tale bacino ha una superficie di 445,67 km^2. Il corso d'acqua principale è il T. Stura, che nasce a quota 410 m s.l.m. in prossimità del limite comunale tra Moransengo e Tonengo, e sfocia in destra idrografica del F. Po ad una quota di 256 m s.l.m, dopo un percorso orientato circa W-E di 35 km;

- verso ovest il bacino denominato Ricchiardo-Banna, corso d'acqua affluente in destra idrografica nel fiume Po. Il Rio Banna, corso d'acqua principale di questo bacino, nasce nel territorio del comune di Buttigliera d'Asti ad una quota di 280 m s.l.m. con un ramo sorgentizio chiamato Rio Bannetto e confluisce nel Po poco a sud di Bauducchi (frazione di Moncalieri) ad una quota di 221 m s.l.m.

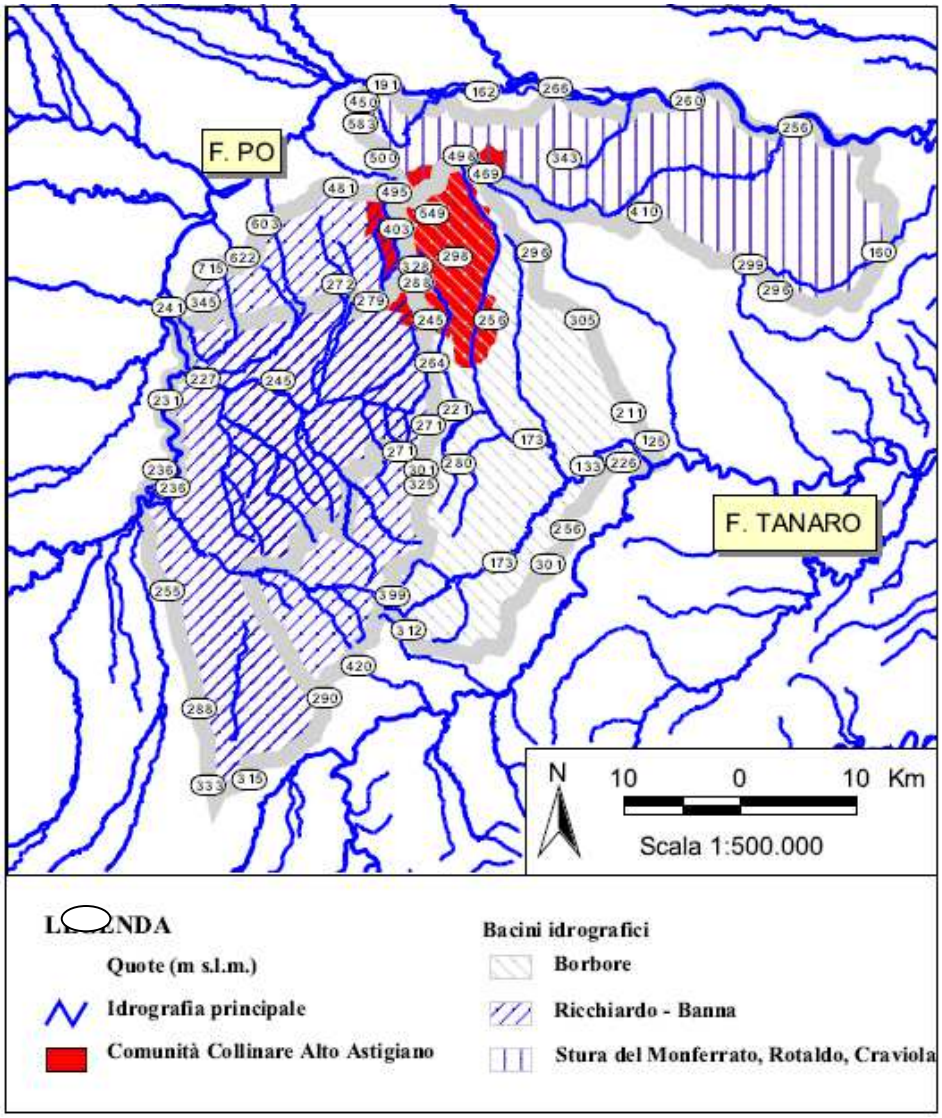


Figura 2.8 *– Rappresentazione dei bacini idrografici in cui è compresa la Comunità Collinare Alto Astigiano. Il bacino denominato Richiardo-Banna è suddiviso in settori collinari (le porzioni a nord e a sud) ed in un settore di pianura (il più esteso). Fonte dati Autorità di bacino del fiume Po (**RIF. WEB N. 5**).*

Il Rio Banna è orientato in direzione E-W, ed al contrario dell'andamento generale dell'idrografia della Pianura Padana (che drena verso E), drena verso W, raggiungendo il F. Po prima della Collina di Torino. I principali affluenti di questo rio sono impostati perpendicolarmente ad esso (in direzione circa N-S), senza evidenti differenze tra il drenaggio nel settore settentrionale del bacino, che comprende il versante meridionale della Collina di Torino ed una porzione di pianura, rispetto a quello meridionale;

- verso est il bacino del Torrente Borbore. Questo corso d'acqua nasce in provincia di Cuneo da alcune piccole sorgenti situate ai piedi delle colline del Roero tra i centri di Vezza d'Alba e Guarene. Scorre con direzione SW-NE, ed in prossimità della fraz. Pianetti di Tigliole d'Asti riceve da sinistra il suo maggior tributario: il torrente Triversa, proveniente dalle colline appartenenti al territorio nord astigiano. Il torrente raddoppia così la portata ordinaria e giunge alle porte di Asti dove attraversa quasi interamente canalizzato la periferia Ovest di Asti e confluisce da sinistra nel fiume Tanaro.

I bacini idrografici del Rio Banna e del Torrente Borbore hanno caratteristiche speculari, avendo una direzione di deflusso principale impostata in direzione E-W e quella di deflusso secondaria impostata circa N-S.

I due bacini sono separati da una scarpata di origine fluviale orientata N-S, che delimita l'Altopiano di Poirino ad ovest, dai rilievi collinari astigiani ad est. Tale linea spartiacque mostra, al pari delle intere superfici dei bacini, valori di quota maggiori nei settori settentrionali e meridionali dei bacini e decresce avvicinandosi alla linea di deflusso principale.

Tabella 2.4 *– Dati relativi ai bacini idrografici di interesse (**RIF. WEB N.5**).*

NOME SOTTO-SOTTO-BACINO	NOME SOTTO-BACINO	NOME BACINO	AREA KM^2	PIANURA-COLLINA
Stura del Monferrato, Rotaldo, Craviola	Monferrato - Vercelli - Alessandria	PO PIEMONTESE	445,67	C
Borbore	Asta Tanaro	TANARO	522,96	C
Ricchiardo - Banna	Ricchiardo - Banna	PO PIEMONTESE	161,14	C
Ricchiardo - Banna	Ricchiardo - Banna	PO PIEMONTESE	134,58	C
Ricchiardo - Banna	Ricchiardo - Banna	PO PIEMONTESE	579,66	P

2.5 – Inquadramento geomorfologico

I rilievi della Collina di Torino e del Monferrato sono il risultato di una complessa, continua e prolungata interazione dinamica che ha visto e vede tuttora contrapposti l'attività geodinamica e i fenomeni di modellamento superficiale.

Fra questi, da FESTA *et alii* (2009), sono messi in luce la predominante azione svolta dai processi legati all'acqua incanalata, a cui si associano i fenomeni di degradazione di versante (es. ruscellamento diffuso e concentrato) e quelli di trasporto solido in massa (es. processi gravitativi).

L'assetto morfologico nel suo complesso è quindi da ricondurre in primo luogo all'evoluzione del reticolato idrografico e in particolar modo ai fenomeni di approfondimento erosivo, arretramento della testata e di proliferazione degli affluenti.

La progressiva migrazione verso S e SE dell'alveo del F. Po, con il conseguente abbassamento del livello di base locale degli affluenti che drenano i versanti settentrionali dei rilievi collinari, porta alla presenza di numerose catture di testata a spese dei contigui bacini presenti lungo il versante meridionale. Tale condizione si verifica lungo tutto lo spartiacque principale (**Figg. 2.9, 2.10**).

Tra gli esempi di valli decapitate, FESTA et alii (2009) ne segnala una a Berzano S. Pietro.

L'acclività dei rilievi, caratterizzati da una bassa energia di rilievo, diminuisce gradualmente approssimandosi all'Altopiano di Poirino; il profilo longitudinale e trasversale è talvolta interrotto dalla presenza di rotture di pendenza che sottendono lembi di superfici subpianeggianti, talvolta ad andamento sinuoso, che corrispondono a tracce di meandri fluviali modellati dal F. Po (Sintema di Zanco) nella sua originaria configurazione (FORNO, 1980; FORNO 1982).

Le dorsali collinari e il reticolato idrografico mostrano uno sviluppo plano-altimetrico complesso, in stretto rapporto con la natura del substrato pre-quaternario e il suo assetto lito-strutturale: si possono così distinguere due settori, caratterizzati da stili morfologici diversi.

Il primo settore corrisponde alla fascia centro-settentrionale dei rilievi collinari e comprende le aree più elevate; qui, i versanti, mediamente acclivi, sono caratterizzati da un profilo trasversale asimmetrico legato al particolare assetto giaciturale delle formazioni pre-

messiniane (come i rilievi a cuesta localizzati nell'alto bacino del T. Stura, nei pressi di Moransengo). Il profilo tipico delle incisioni vallive è a "V", avendo tuttavia, nello stesso bacino, settori caratterizzati da solchi profondi alternati a settori caratterizzati da ampi e piatti fondovalli percorsi da corsi d'acqua palesemente sottodimensionati rispetto alla sezione valliva (es. testata della Valle Stura, nei pressi di Moransengo).

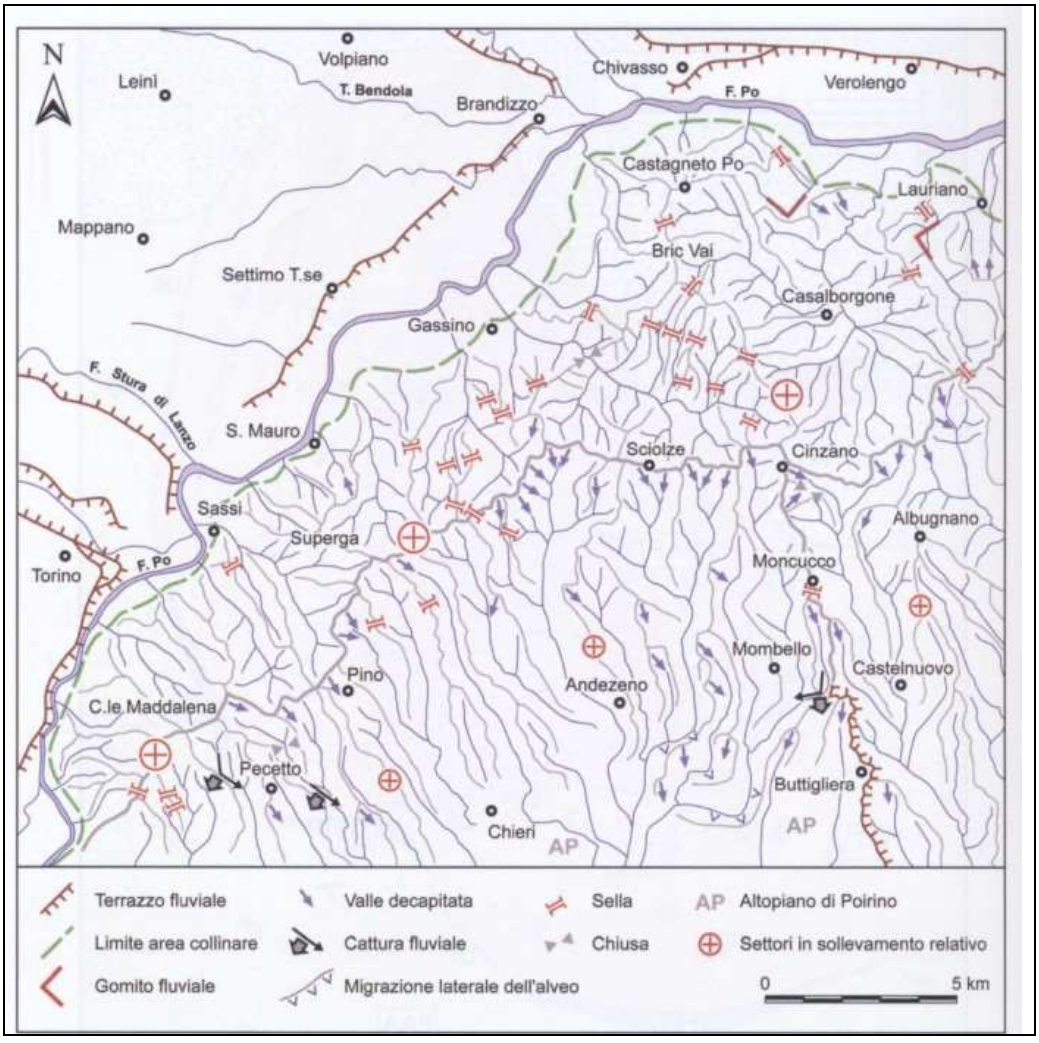


Figura 2.9 *– Schema di distribuzione del reticolato idrografico e dei principali fenomeni di cattura fluviale delle aree dei fogli geologici a scala 1:50.000 Torino Est (FESTA et alii, 2009; DELA PIERRE et alii, 2003).*

Il secondo settore collinare comprende i rilievi modellati entro le formazioni di età tortoniana, messiniana e pliocenica. Qui le dorsali spartiacque sono caratterizzate da un profilo trasversale convesso, regolare e simmetrico e si raccordano ai fondovalli alluvionali

con spessori più o meno consistenti di prodotti colluviali. Alla notevole ampiezza dei fondovalli, talvolta superiori al chilometro, si contrappone la presenza di corsi d'acqua caratterizzati da portate ordinarie modeste.

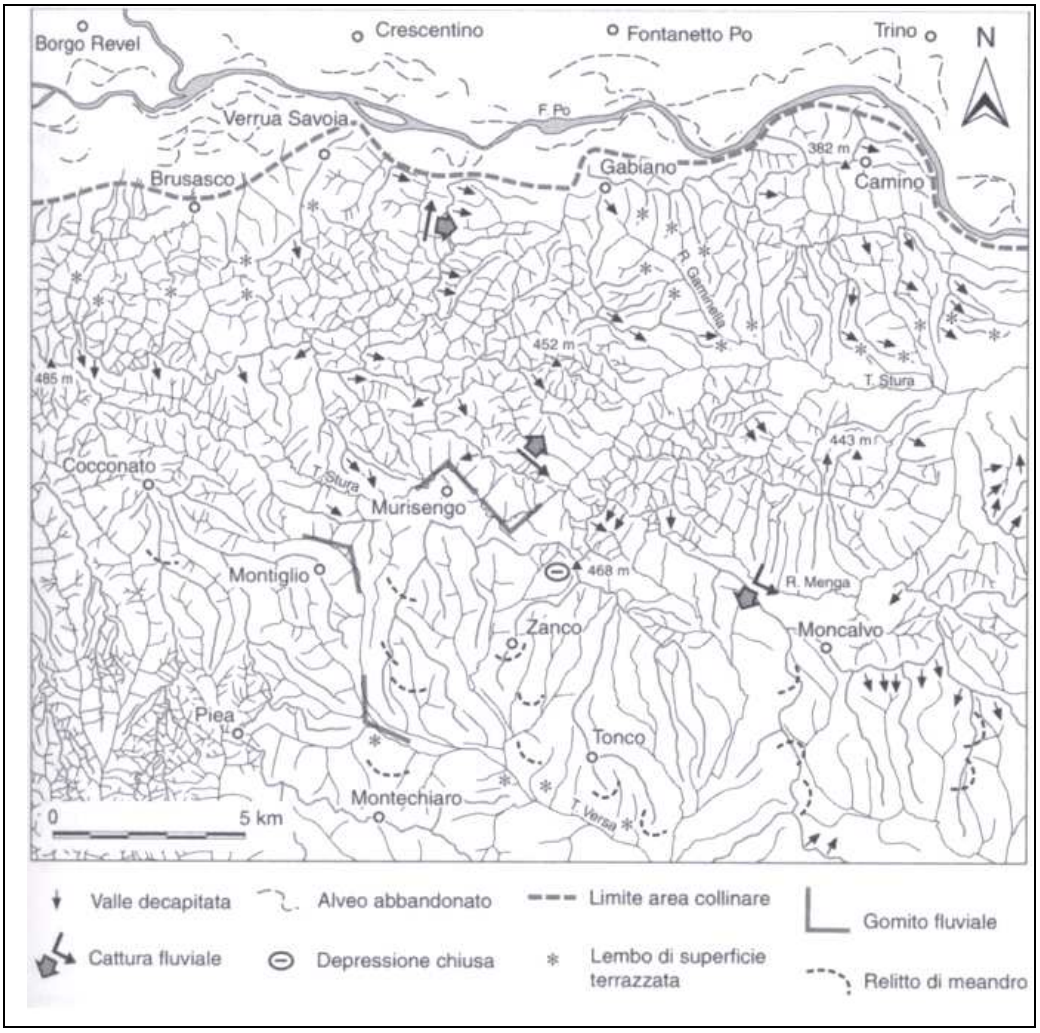


Figura 2.10 *– Schema di distribuzione del reticolato idrografico e dei principali fenomeni di cattura fluviale delle aree dei fogli geologici a scala 1:50.000 Trino (FESTA et alii, 2009; DELA PIERRE et alii, 2003).*

Come sottolineato da DELA PIERRE *et alii* (2003), nell'area di affioramento delle Sabbie di Asti è presente un reticolato idrografico a struttura dendriforme estremamente fitto.

3 – IL DISSESTO IDROGEOLOGICO

3.1 - Generalità

Sono molti i testi che riportano definizioni ed interpretazioni dei fenomeni di dissesto idrogeologico, uno di quelli che meglio riassume le informazioni relative all'argomento è stato pubblicato dall'APAT (2006), dal quale vengono tratte le seguenti considerazioni.

Una esaustiva definizione di **dissesto idrogeologico** è stata proposta dalla Commissione De Marchi (1970 e 1974):*"quei processi che vanno dalle erosioni contenute e lente, alle forme più consistenti della degradazione superficiale e sottosuperficiale dei versanti, fino alle forme imponenti e gravi delle frane"*.

Per quanto riguarda il concetto di **difesa del suolo**, la relazione finale della stessa Commissione intende *"ogni attività di conservazione dinamica del suolo, considerato nella sua continua evoluzione per cause di natura fisica e antropica, e ogni attività di preservazione e di salvaguardia di esso, della sua attitudine alla produzione e delle installazioni che vi insistono, da cause straordinarie di aggressione dovute alle acque meteoriche, fluviali e marine o di altri fattori meteorici"*.

In seguito, tutta la normativa in materia di difesa del suolo, compresa la legge quadro sulla difesa del suolo n. 183 del 1989 (REPUBBLICA ITALIANA, 1989a), definisce il termine di dissesto idrogeologico come *"qualsiasi disordine o situazione di squilibrio che l'acqua produce nel suolo e/o nel sottosuolo"*.

Il **suolo** viene definito come *"il territorio, il suolo, il sottosuolo, gli abitati e le opere infrastrutturali"* (L. 183/89).

Per quanto riguarda il concetto di **rischio geologico**, esso può essere definito come la *"combinazione della pericolosità geologica e della potenziale vulnerabilità antropica di un territorio, espresso in termini di rapporto tra i prevedibili eventi di pericolosità geologica, la loro intensità e frequenza e le relative interferenze con le attività antropiche"* (BOLT *et alii*, 1975).

Il rischio geologico rientra nella più ampia categoria di rischio ambientale, per questo si ritiene utile riportarne la relativa definizione, unitamente a quelle di pericolosità ambientale

e vulnerabilità territoriale ad esso strettamente legate. Le definizioni tratte da PANIZZA (1988) sono le seguenti:

• **pericolosità ambientale:** *"probabilità che un certo fenomeno, naturale o indotto più o meno direttamente dall'antropizzazione, si verifichi in un certo qual territorio, in un determinato intervallo di tempo*";

• **vulnerabilità territoriale:** *"l'insieme complesso della popolazione, delle costruzioni, delle infrastrutture, delle attività economiche, dell'organizzazione sociale e degli eventuali programmi di espansione e di potenziamento di un certo territorio"*;

• **rischio ambientale:** *"la probabilità che le conseguenze economiche e sociali di un certo fenomeno di pericolosità superino una determinata soglia".*

Le possibili sorgenti del rischio geologico sono: l'attività sismica, l'attività vulcanica e il dissesto geologico-idraulico. Nel nostro paese i fenomeni che comunemente vengono riconosciuti come la causa del dissesto geologico idraulico sono: le alluvioni, i movimenti gravitativi, le erosioni, le valanghe, l'arretramento dei litorali e la subsidenza (GISOTTI & BENEDINI, 2000).

Nel presente lavoro l'attenzione verrà focalizzata sui fenomeni legati alla dinamica di versante e sui fenomeni legati all'attività fluviale e torrentizia.

3.1.1 - Dissesti legati alla dinamica di versante

Il sistema di classificazione maggiormente utilizzato per descrivere i movimenti franosi è quello proposto da Varnes nel 1958 e successivamente revisionato dallo stesso autore nel 1978 (**Tab. 3.1**).

Varnes, operata la prima suddivisione dei movimenti di versante in base al tipo di movimento (crolli, ribaltamenti, scorrimenti, espandimenti laterali, colate), introduce un'ulteriore suddivisione sulla base del materiale interessato, nella condizione precedente il movimento (roccia e terreni sciolti, ulteriormente suddivisi in grossolani e prevalentemente fini).

La classificazione include anche frane di tipo complesso, che sono il risultato della combinazione di 2 o più tipi di movimenti principali.

La nomenclatura relativa a un movimento di frana complesso è sintetizzata in **Figura 3.1**.

Come sottolineato da vari autori (SCESI & PAPINI, 1995; GONZALEZ DE VALLEJO *et alii*, 2005), è molto importante conoscere le cause che concorrono alla genesi di un fenomeno franoso, sia per scegliere correttamente gli interventi di stabilizzazione, sia per prevenire adeguatamente ulteriori fenomeni di instabilità in aree geologicamente simili.

Tabella 3.1 *– Tipi di frane secondo la classificazione di Varnes. (**RIF. WEB N. 6**).*

TYPE OF MOVEMENT		TYPE OF MATERIAL		
		BEDROCK	ENGINEERING SOILS	
			Predominantly coarse	Predominantly fine
FALLS		Rock fall	Debris fall	Earth fall
TOPPLES		Rock topple	Debris topple	Earth topple
SLIDES	ROTATIONAL	Rock slide	Debris slide	Earth slide
	TRANSLATIONAL			
LATERAL SPREADS		Rock spread	Debris spread	Earth spread
FLOWS		Rock flow (deep creep)	Debris flow (soil creep)	Earth flow
COMPLEX		Combination of two or more principal types of movement		

Tali cause, frequentemente molteplici e interagenti, possono essere distinte in:

- *cause preparatorie o predisponenti*: fattori intrinsechi di instabilità legati, essenzialmente, alle caratteristiche litologiche, strutturali, tessiturali, giaciturali dei materiali costituenti il pendio;
- *cause scatenanti:* agiscono su un pendio intrinsecamente "indebolito" e sono così definite perché innescano il movimento franoso (intense precipitazioni, attività sismica...).

La rottura lungo una data superficie si realizza quando le forze che si oppongono al movimento stesso (resistenza al taglio dei materiali costituenti il versante), sono minori delle forze che favoriscono il movimento stesso (resistenza al taglio mobilitata lungo la superficie in esame); in questo caso il fattore di sicurezza, definito come il rapporto tra le forze stabilizzanti e le forze instabilizzanti agenti lungo una data superficie ipotetica di rottura, ha valori minori di 1.

Fs = resistenza al taglio del materiale / resistenza al taglio mobilitata

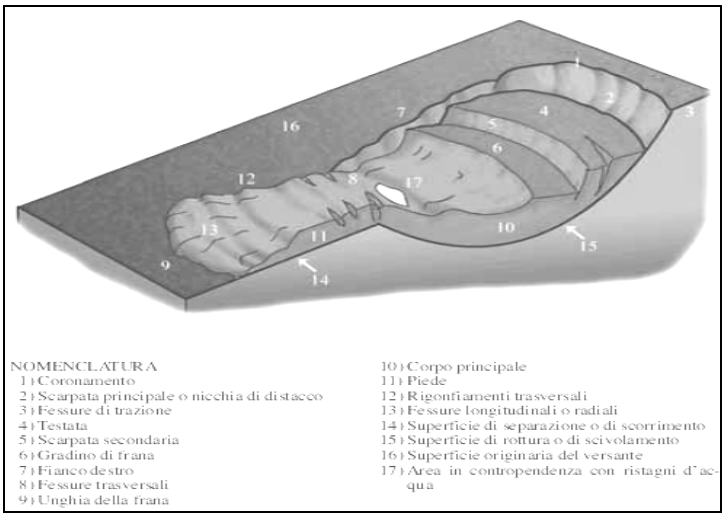


Figura 3.1 *– Nomenclatura delle varie parti di un movimento franoso complesso, classificabile come uno scivolamento rotazionale evolvente in colamento lento. La terminologia proposta può essere utilizzata adattandola a tutte le alte categorie di frana. (APAT, 2006).*

Una rassegna schematica dei fattori che influiscono sul comportamento geomeccanico dei materiali lungo i versanti è riportato in **Tabella 3.2**

Tabella 3.2 *– Fattori che influiscono sul comportamento geomeccanico dei materiali lungo i versanti (GONZALEZ DE VALLEJO et alii, 2005).*

Riduzione della resistenza al taglio	**Aumento degli sforzi di taglio**
Condizioni iniziali: — composizione, tessitura e struttura; — fratture e faglie; — piani di stratificazione e di foliazione; — zone brecciate; — rocce massive su materiali plastici; — alternanza di materiali con diversa permeabilità. Cambiamenti nei materiali per alterazione e reazioni fisico-chimiche: — disgregazione fisica delle rocce; — idratazione di minerali argillosi; — disseccamento di argille e di rocce argillose; — dissoluzione e dilavamento dei materiali; — plasticizzazione delle argille. Variazioni nelle forze intergranulari dovute all'acqua e alle pressioni dell'acqua nei pori e nelle fratture: — precipitazioni; — disgelo; — laghi e bacini artificiali; — irrigazione; — deforestazione. Variazioni nelle strutture: — per fessurazione in argilloscisti e argille sovraconsolidate; — per rilascio di tensioni in versanti rocciosi in valli o scavi; — per rimodellamento di terreni fini (sabbie, loess) e argille sensitive. Indebolimento della resistenza dovuto a processi di *creep*. Azione delle radici di alberi e degli arbusti. Scavo di tane di animali.	Azione di sforzi transitori: — movimenti sismici; — vibrazioni per volate, mezzi meccanici e traffico; — scivolamenti limitrofi. Perdita di confinamento laterale e alla base dei versanti: — erosione del piede dei pendii per fiumi, torrenti, onde, maree ecc; — piogge; — erosione interna o sotterranea; — dissoluzione e dilavamento del materiale; — scavi minerari; — presenza di materiali plastici sottostanti. Cambiamenti di morfologia: — scivolamenti; — grandi faglie. Sovraccarichi naturali: — peso della pioggia, della neve e dell'acqua degli acquiferi; — accumulo di detrito, depositi colluviali o masse scivolate; — vegetazione. Sovraccarichi antropici: — riempimenti, discariche e stoccaggio di materiali; — edifici e altre strutture; — coltivazioni e irrigazione lungo i versanti. Altre azioni antropiche: — scavi; — rimozione di elementi di contenimento; — costruzione di bacini artificiali. Pressione laterale: — acqua in fratture e cavità; — ghiaccio nelle fratture; — presenza di materiali rigonfianti; — mobilizzazione di sforzi residuali; Processi vulcanici.

3.1.2 Dissesti legati alla dinamica fluviale e torrentizia

Come sottolineato da GISOTTI & BENEDINI (2000), uno dei motivi di dissesto idrogeologico più frequenti in Italia è rappresentato da un corso d'acqua che, arricchitosi con una portata superiore a quanto ci si potesse aspettare, rompe le arginature o "tracima" sopra di esse e invade la zona circostante. Il fenomeno, detto inondazione o alluvione, se accompagnato da trasporto e deposizione di materiale solido, si può presentare tanto nei corsi d'acqua a regime torrentizio, quanto nei grandi fiumi di pianura.

L'inondazione di un territorio posto ai lati di un corso d'acqua comporta una serie di effetti, generalmente classificati come segue:

Rottura o semplicemente indebolimento delle sponde, fatto che rende sempre problematico il contenimento di piene successive;

Distruzione di raccolti, per eccessiva quantità d'acqua, che provoca il soffocamento delle radici delle piante;

Distruzione di infrastrutture, quali strade e ponti;

Danni alle abitazioni, con grave rischio per l'incolumità degli abitanti, e agli insediamenti industriali;

Modifica della natura del suolo in seguito al deposito del materiale solido inizialmente trasportato dall'acqua.

A questi effetti, di carattere temporaneo, se ne accompagnano spesso altri più duraturi, quali, ad esempio, il cambiamento del tracciato originario del corso d'acqua, in seguito all'erosione di tratti di terreno e al colmamento di altri.

Questa situazione caratterizza "nello spazio" tutti i corsi d'acqua; accanto ad essa bisogna però considerare una situazione "nel tempo", dovuta alle alternanze di comportamento del corso d'acqua medesimo.

Infatti la portata dei corsi d'acqua varia nel tempo, raggiungendo valori massimi o minimi, cui corrispondono anche variazioni di velocità dell'acqua e tutti i fenomeni ad essa richiamati.

Consegue pertanto che il trasporto solido di ciascun corso d'acqua non è costante nel tempo e assume valori massimi in occasione dei momenti di piena.

Col decrescere progressivo della portata di piena diminuisce anche la capacità di trasporto e quindi un quantitativo sempre più cospicuo di materiale rimane sul fondo e sulle zone allagate.

Le conseguenze di questi fenomeni si fanno sentire su tutto il corso d'acqua, a partire dalle zone più a monte soggette a una progressiva erosione, fino a quelle più a valle soggette a un progressivo interrimento.

La REGIONE PIEMONTE (2002) stabilisce che i dissesti legati alla dinamica fluviale e torrentizia vengano prioritariamente suddivisi in funzione dell'estensione degli ambiti territoriali interessati dai fenomeni di dissesto. Vengono distinti i settori caratterizzati da fondovalle incisi o da condizioni morfologiche tali per cui risultano possibili processi di tipo prevalentemente lineare, con associati effetti di erosione di fondo e di sponda, di alluvionamenti, ecc., dagli ambiti territoriali caratterizzati da condizioni morfologiche tali da rendere possibili, oltre agli effetti di cui sopra, esondazioni ed allagamenti arealmente significativi.

3.2 Eventi pregressi

3.2.1 Dati pregressi sui dissesti legati alla dinamica di versante nell'area di studio

La propensione del territorio del Basso Monferrato ad essere coinvolto da fenomeni franosi è stata oggetto di studi approfonditi nel progetto finalizzato C.N.R. "Conservazione del suolo – sottoprogetto fenomeni franosi" (BARISONE et. Alii, 1980, 1982a, 1982b).

Il lavoro, sintetizzato nella pubblicazione di BARISONE et alii (1982b), si è svolto su diverse aree ubicate nel territorio del Basso Monferrato, operando su singoli complessi geologicamente e tecnicamente omogenei (Aree campione) e su gruppi di complessi (Aree rappresentative) scelti in modo da rappresentare tipologie franose di particolare interesse.

In particolare sono state analizzate aree relative alle Argille del Complesso Indifferenziato (corrispondente al Complesso Caotico di La Pietra nella Carta Geologica a scala 1:50.000) ed alle Sabbie di Asti.

Per quanto concerne le argille del Complesso Indifferenziato, la maggior parte dei dissesti analizzati si evolve secondo le modalità tipiche delle frane da scivolamento rotazionale

(*sliding slump*); in alcune zone è comune il passaggio a frane da colamento di terra o di fango (*flow, earth* o *mud*).

Le Sabbie di Asti comprendono invece tipologie di movimento riferibili a crolli (*soil falls*), frane da scivolamento rotazionale (*soil slumps*) e frane da scivolamento planare (*soil slides*).

Gli Autori notano come le caratteristiche di queste formazioni risultino piuttosto variabili, in funzione di una certa differenziazione granulometrica e del grado di diagenesi.

Il lavoro comprende sezioni dedicate all'analisi di terreno, all'analisi di laboratorio delle caratteristiche dei materiali coinvolti dalle frane, e all'individuazione dei fattori che influiscono sulla stabilità dell'area:

- idrogeologici;
- idrologici ed idrografici;
- idroclimatologici;
- connessi con l'uso del territorio.

Tali informazioni confluiscono nella realizzazione di carte di franosità reale e potenziale, alle quali sono associate l'individuazione dei corretti interventi da realizzare per bonificare le aree in frana.

Più recenti analisi a grande scala della franosità del territorio sono state effettuate nella realizzazione dei Fogli 157 Trino e 156 Torino Est.

In particolare, da DELA PIERRE *et alii* (2003) emerge che l'area collinare del Foglio 157 Trino è caratterizzata da una notevole diffusione degli accumuli di frana (pari al 7,9 % del territorio).

Le dimensioni dei singoli accumuli sono piuttosto modeste e comunque inferiori a 0,3 km2; il loro spessore, generalmente esiguo, rispecchia il carattere pellicolare della maggior parte dei fenomeni gravitativi di questa regione, che il più delle volte giungono a coinvolgere unicamente le coltri colluviali o la parte corticale più alterata del substrato. Lo spessore degli accumuli è generalmente compreso tra 3 e 8 m, solo alcuni fenomeni molto estesi (es. frana di Bricco, nel comune di Aramengo) presentano spessori superiori alla decina di metri.

Nel contiguo Foglio 156 Torino Est si segnala a tal proposito la presenza di un accumulo di frana con spessore massimo rilevato di 30 m nel comune di Albugnano (FORNO & GIARDINO, 1995).

Da DELA PIERRE *et alii* (2003) viene proposta una tabella dove si sintetizza il quadro della distribuzione della franosità in relazione al tipo di substrato affiorante (**Tab. 3.3**).

Si nota come le unità maggiormente coinvolte da fenomeni di dissesto, in rapporto all'estensione della superficie coinvolta, sono nell'ordine le Argille Azzurre, la Formazione di Antognola, il Complesso Caotico di La Pietra ed il Complesso Caotico di Valle Versa.

I dati relativi alla franosità percentuale sono ancor più significativi: le unità con valori della franosità superiori al 10% sono, nell'ordine, la Formazione di Antognola, le Marne di Monte Piano, il Complesso Caotico di La Pietra e la Formazione di Casale Monferrato.

***Tabella 3.3** – Quadro di distribuzione dei fenomeni gravitativi. **Su** = estensione dell'area di affioramento delle unità litostratigrafiche costituenti il substrato; **Sf** = estensione delle aree in frana; **Su/Sf** = rapporto percentuale delle aree in frana riferito a ciascuna unità litostratigrafica; **n°** = numero di frane.*

UNITÀ	Su [ha]	Sf [ha]	Sf / Su [%]	n.°
Sintema di Morialdo	4,1	0	-	-
Silt di Verrua Savoia	3,6	0	-	-
Sabbie di Ferrere	81,3	0,3	0,4	1
Silt di S. Martino	166,4	1,6	1,0	2
Sabbie di Asti	3327,6	72,9	2,2	52
Arenarie di Moransengo	412,1	15,3	3,7	8
Areniti di Tonengo	2543,7	116,3	4,6	100
Pietra da Cantoni	4261,4	217,0	5,1	164
Marne di Mincengo	1550,4	80,6	5,2	85
Marne di S. Agata Fossili	2426,5	161,6	6,7	76
Formazione di Cardona	4143,4	279,6	6,8	150
Marne a Pteropodi inferiori	1776,8	132,4	7,5	54
Argille azzurre	7445,4	579,1	7,8	264
Calcareniti di Castel Verrua	9,3	0,8	8,4	1
Complesso caotico di Valle Versa	4685,0	398,2	8,5	146
Formazione di Antognola	4107,7	473,6	11,5	276
Marne di Monte Piano	1234,8	151,9	12,3	102
Complesso caotico di la Pietra	1933,6	425,8	22,0	235
Formazione di Casale Monferrato	148,9	72,9	49,0	15
	40261,8	3179,8	7,9	1731

La diversa risposta delle singole unità, in termini di propensione al dissesto, può essere ricondotta in primo luogo alle caratteristiche litotecniche delle rocce coinvolte, unitamente all'assetto stratigrafico e strutturale locale, nonché alle condizioni morfologiche e vegetazionali dei versanti.

Gli accumuli cartografati nel Foglio 157 Trino corrispondono nel 79,5% dei casi a scivolamenti roto-traslazionali; gran parte degli scivolamenti coinvolge la coltre colluviale e la porzione corticale e più alterata del substrato. I meccanismi di scivolamento sono tali da determinare la formazione di superfici di rottura generalmente di neoformazione, il più delle volte impostate all'interfaccia tra la coltre di alterazione superficiale e il substrato.

Ad un significativo numero di frane sono stati attribuiti meccanismi di colata, il più delle volte abbinati ad incipienti fenomeni di scivolamento; le colate interessano in prevalenza litotipi contenenti una significativa frazione argillosa e con elevati indici di plasticità, nonché le coltri colluviali, marcatamente più soggette ai processi di imbibizione, saturazione e fluidificazione da parte delle acque meteoriche.

Si individuano fenomeni di crollo, coinvolgenti generalmente modesti volumi di roccia e si verificano preferenzialmente nell'ambito delle unità a composizione carbonatica o sabbioso-arenaceo-conglomeratica, che consentono lo sviluppo di scarpate acclivi o di pareti rocciose subverticali (es. Marne di Monte Piano, Areniti di Tonengo, Sabbie di Asti).

Infine, associati a fenomeni di dissoluzione carsica del Complesso caotico della Valle Versa, si rinvengono fenomeni di sprofondamento (FIORASO & BOANO, 2002).

Altre informazioni sulla distribuzione dei dissesti nel territorio possono essere individuate dalla consultazione delle diverse banche dati disponibili, riportate di seguito.

- Dissesti banca dati Regione Piemonte

Il servizio rende disponibili i dati delle cartografie realizzate dal 1982 al 1993 della Banca Dati Geologica, con base topografica di riferimento i fogli IGM a scala 1:100.000 (**RIF. WEB N. 7**). Documentazione: Banca Dati Geologica a cura del Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico. Regione Piemonte, Aprile 1990 (**Fig. 3.2**).

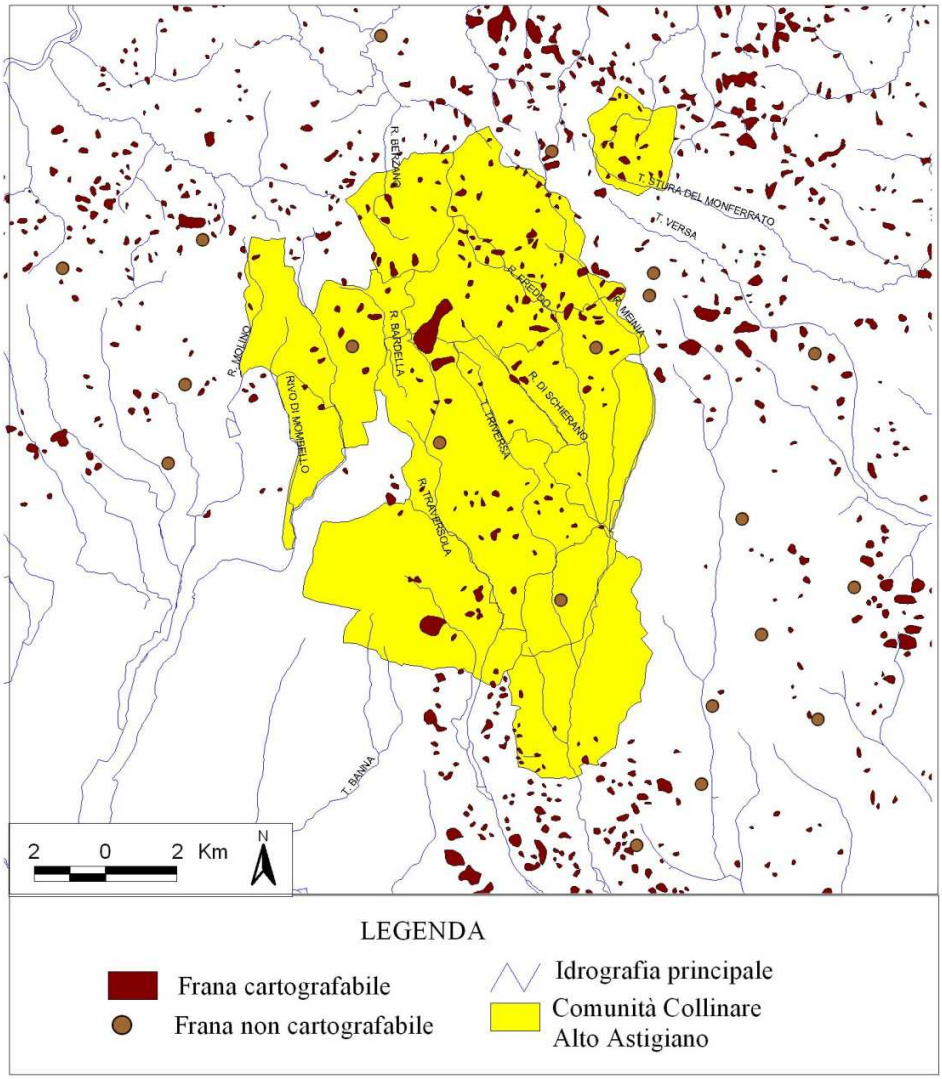


***Figura 3.2** – Rappresentazione dei dissesti contenuti nella Banca Dati Geologica (**RIF. WEB N. 8**) rispetto al territorio della Comunità Collinare Alto Astigiano. É diffusamente coinvolto tutto il territorio, ad esclusione della porzione sud-occidentale rappresentata dall'Altopiano di Poirino.*

- Dissesti indicati nel PAI

I dati relativi al Piano di Assetto Idrogeologico relativi alla Regione Piemonte sono disponibili in rete al **RIF. WEB N. 9**. Da tale sito è stata ricavata la distribuzione sul territorio dei dissesti legati alla dinamica di versante (**FIG. 3.3**).

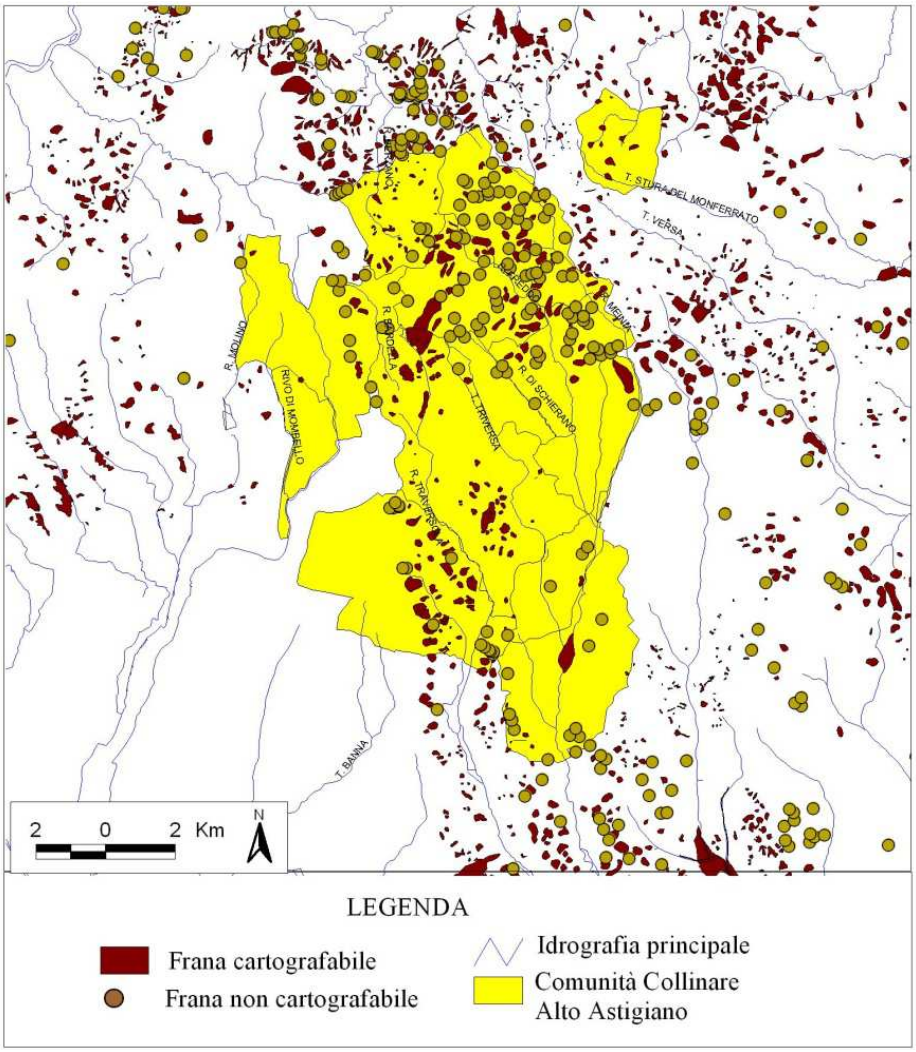


***Figura 3.3** – Rappresentazione grafica della distribuzione sul territorio dei dissesti legati alla dinamica di versante riportati dal PAI (elaborazione dati tratti dal **RIF. WEB N. 5**).*

- Dissesti raccolti dal SIFRAP (Servizio Informativo dei Fenomeni Franosi in Piemonte)

Il *Sifrap* nasce come estensione del progetto IFFI (*Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia*), sviluppato tra il 2002 ed il 2004, nonché come sviluppo dell'ultraventennale patrimonio di conoscenze del Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche (già parte della Direzione Regionale Servizi Tecnici di Prevenzione) nel campo dei fenomeni franosi.

Il servizio è aggiornato su base circa annuale ed in **Figura 3.4** è riportato un estratto dei dati disponibili a novembre 2011 (**RIF. WEB N. 8**).

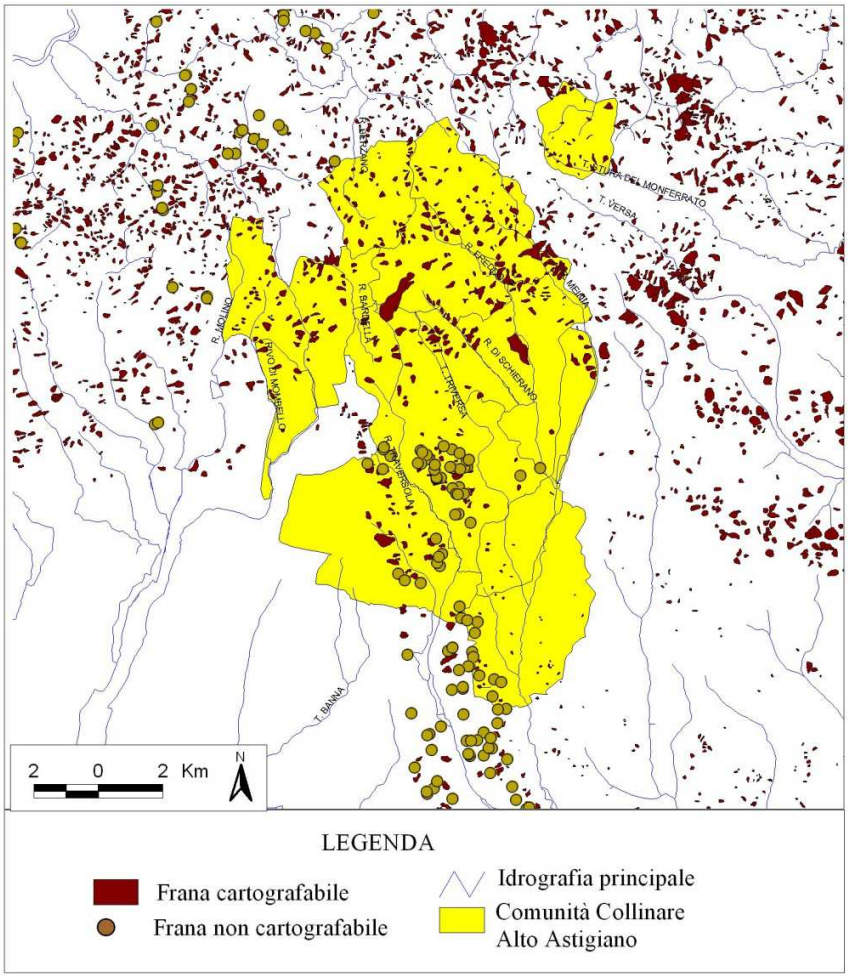


***Figura 3.4** - Rappresentazione grafica della distribuzione sul territorio dei dissesti legati alla dinamica di versante riportati dal SIFRAP (elaborazione dati tratti dal **RIF. WEB N. 8**).*

- Piano di Protezione Civile Intercomunale

Una fotografia attuale dei dati relativi alla franosità del territorio è data dalla cartografia del piano di protezione civile della Comunità Collinare Alto Astigiano.

In **Figura 3.5** viene riportata la visualizzazione a scala della Comunità Collinare dei livelli informativi relativi ai movimenti di versante contenuti nel database della protezione civile (aggiornamento 2011, **RIF. WEB N. 9**).

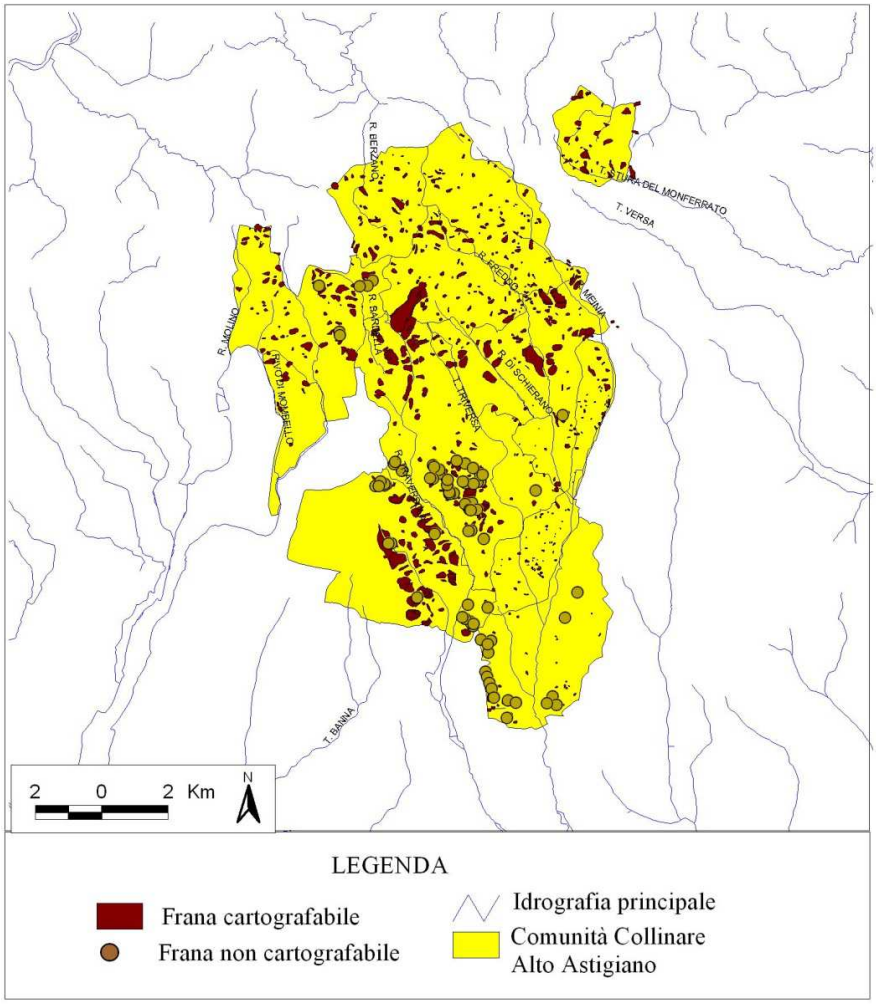


***Figura 3.5** - Rappresentazione grafica della distribuzione sul territorio dei dissesti legati alla dinamica di versante riportati nel Piano di Protezione Civile Intercomunale (elaborazione dati tratti dal **RIF. WEB N. 9**).*

Si nota in tutte le rappresentazioni grafiche riportate una estesa distribuzione dei movimenti di versante nel territorio di interesse; in particolare in corrispondenza della scarpata che separa i rilievi dell'Astigiano dall'Altopiano di Poirino si individuano movimenti di grandi

dimensioni. Altri fenomeni di grandi dimensioni sono localizzati in una fascia orientata circa E-W nel territorio settentrionale della Comunità Collinare Alto Astigiano, che comprende il fenomeno gravitativo di Albugnano studiato da FORNO & GIARDINO (1995).

Nel resto del territorio prevalgono frane di piccole dimensioni.

3.2.2 - Dati pregressi sui dissesti legati alla dinamica fluviale e torrentizia nell'area di studio

Per quanto concerne tale tipologia di dissesto si riportano gli estratti relativi alle banche dati disponibili.

- Dissesti Banca Dati Geologica Regione Piemonte

Le informazioni della Banca Dati Geologica Regione Piemonte (**RIF. WEB N. 7**) sui dissesti legati alla dinamica fluviale e torrentizia nell'area di studio sono riportate in **Figura 3.6**

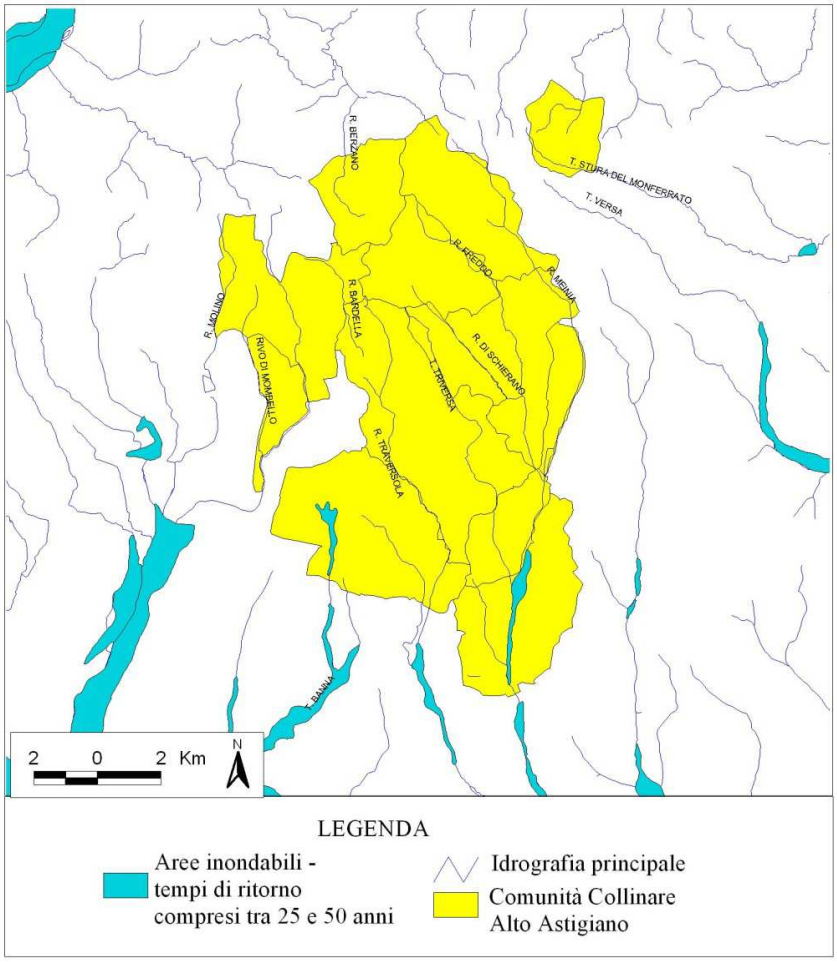


***Figura 3.6** - Rappresentazione grafica della distribuzione sul territorio delle aree legate al dissesto della dinamica torrentizia riportati nella Banca Dati Geologica (elaborazione dei dati tratti dal **Rif. Web n. 7**).*

- Dissesti indicati nel PAI

I dati indicati nel Piano Assetto Idrogeologico (**Rif. Web n. 5**)sui dissesti legati alla dinamica fluviale e torrentizia nell'area di studio sono riassunti in **Figura 3.7.**

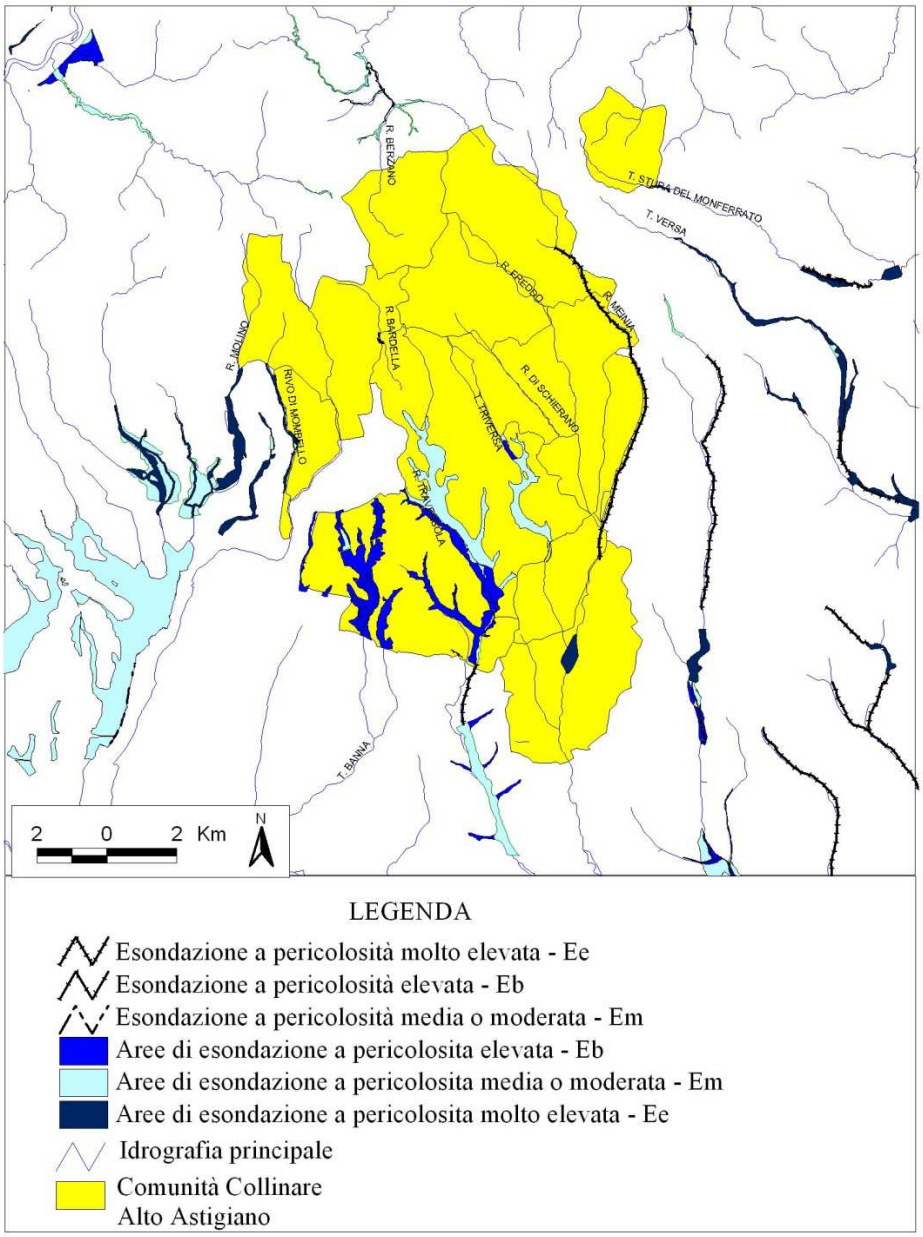


Figura 3.7 – *I principali fenomeni di allagamento sono segnalati in corrispondenza dei fondovalle dei corsi d'acqua appartenenti al bacino idrografico del T. Banna e del T. Triversa, comprendendo aree di pericolosità di esondazione da medio-moderata a molto elevata (elaborazione dati tratti dal* ***RIF. WEB N. 5****).*

- Piano di Protezione Civile Intercomunale

in **Figura 3.8** viene riportata la visualizzazione a scala della Comunità Collinare dei livelli informativi relativi ai fenomeni di dissesto legati alla dinamica fluviale e torrentizia contenuti nel database della protezione civile (**Rif. Web n. 9**).

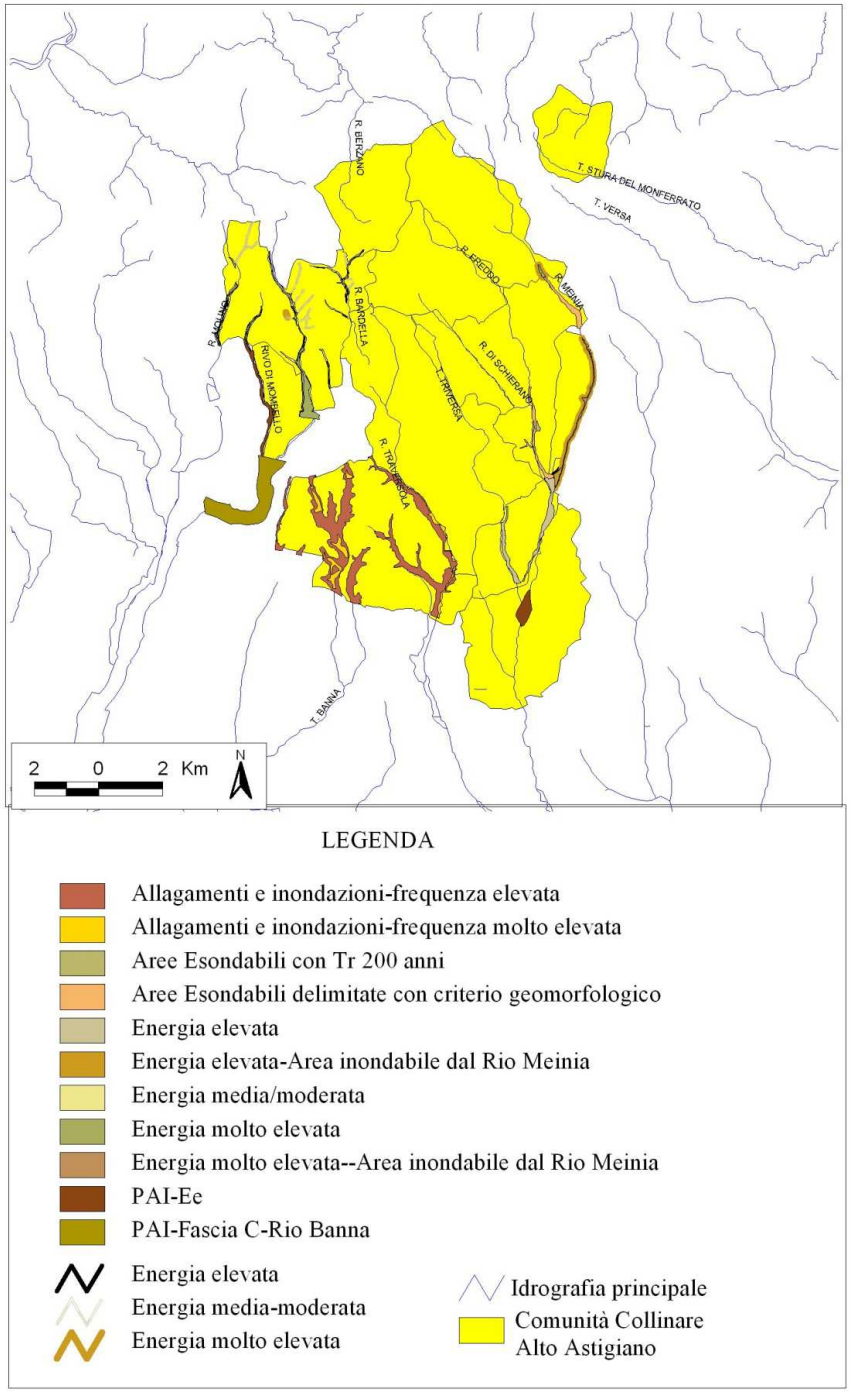


***Figura 3.8** – Rappresentazione grafica della distribuzione dei dissesti connessi alla dinamica torrentizia riportati nel Piano di Protezione Civile Intercomunale (elaborazione dati tratti dal **RIF. WEB N. 9**).*

3.3 – Normativa

3.3.1 Evoluzione normativa e relativi riferimenti legislativi in ambito di difesa del suolo

L'esigenza di attuare una corretta e regolata pianificazione territoriale ha iniziato a prendere piede con la L. 183/89 (REPUBBLICA ITALIANA, 1989a), attualmente abrogata, con la quale sono istituite le Autorità di Bacino per i bacini idrografici di interesse nazionale. La L. 183/1989 nasce dall'esigenza di prevedere una pianificazione per bacini territoriali omogenei, svincolata da limiti amministrativi che in molti casi non coincidono con i limiti fisiografici.

La L. 183/89 allarga la nozione di "difesa del suolo" fino a ricomprendervi il risanamento delle acque, l'uso delle risorse idriche anche per gli scopi di razionale sviluppo socio-economico e la tutela degli aspetti ambientali connessi. In particolare si indicano, per la corretta gestione delle acque superficiali e la difesa dalle inondazioni interventi come la difesa e sistemazione dei corsi d'acqua, il controllo delle piene anche mediante vasche di laminazione e canali scolmatori.

A seguito dell'evento alluvionale del novembre 1994, che ha coinvolto estesamente la parte meridionale della Regione Piemonte, l'Autorità di Bacino del Fiume Po ha emanato, nel maggio 1995, il Piano Stralcio 45 (AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 1995), finalizzato a "*la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, all'eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico ed alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino di aree di esondazione*". Il PS45 prevede, per le aree esondate, un regime di salvaguardia temporale della durata di tre anni per una fascia in cui sono previsti esclusivamente interventi di difesa e consolidamento. Questo Piano Stralcio è stato seguito da altri, prettamente riguardanti la pianificazione territoriale, che hanno inserito vincoli e limitazioni d'uso del suolo per aree caratterizzate da diversi livelli di pericolosità geomorfologica; i principali sono il P.S.F.F. (Piano Stralcio Fasce Fluviali), PAI (Piano per l'Assetto Idrogeologico).

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali P.S.F.F. (AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 1998) è stato predisposto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po ai sensi dell'art. 17 della legge 183/89 ed approvato nel luglio 1998. Il P.S.F.F. interessa i fiumi principali. Il territorio di pertinenza

fluviale viene delimitato cartograficamente ed il suo utilizzo viene regolato mediante fasce fluviali. Dall'alveo verso l'esterno le fasce sono tre: A, B e C, in funzione dalla probabilità di fenomeni di esondazione calcolata sulla base di tempi di ritorno di 20 – 50 anni (Fascia A), 100 – 200 anni (fascia B) e 500 anni (fascia C).

il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico "P.A.I" (AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 2001) viene approvato in data 26 aprile 2001, con Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po. Mentre il P.S.S.F. si occupa solo della parte di territorio di pertinenza fluviale, il P.A.I. oltre a contenere al suo interno il P.S.S.F., prende anche in considerazione i fenomeni franosi, trasporti in massa su conoide, valanghe e dissesti morfologici causati da esondazioni dei corsi d'acqua.

Attualmente la difesa e tutela del suolo in tutti i suoi aspetti sono regolate dal D.Lgs. n. 152/2006 (REPUBBLICA ITALIANA, 2006). Questa è l'attuale legge che definisce il concetto di tutela e difesa del suolo e rappresenta l'evoluzione della L. 183/89.

Per quanto concerne la normativa regionale la L.R. 56/77 e s.m.i. (REGIONE PIEMONTE, 1977) evidenzia l'obbligo di dotare gli strumenti urbanistici comunali di indagini e rappresentazioni cartografiche riguardanti le caratteristiche idrogeologiche e geomorfologiche del territorio. L'art. 9 bis della citata legge inoltre prevede l'avvio di procedure di salvaguardia in via cautelare nelle aree soggette a pericolo nel caso di eventi alluvionali.

L'esigenza di pianificazione correlata alla pericolosità geomorfologica era già stata sentita dalla Regione Piemonte che, ancora prima della adozione del P.S.F.F., aveva adottato, di concerto con l'O.R.G.P. (l'Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte), la Circolare del Presidente della Giunta Regionale (C.P.G.R.) n. 7/LAP (REGIONE PIEMONTE, 1996), che definiva gli standard qualitativi e quantitativi da osservare per la redazione degli elaborati di natura geologica in senso lato, da allegare ai P.R.G. (Piani Regolatori) o alle Varianti ai P.R.G., secondo quanto previsto dalla L.R. 56/77. La suddetta circolare prevede che le cartografie del dissesto nelle sue differenti forme concorrono alla realizzazione di una "carta di sintesi", nella quale il territorio viene suddiviso in "classi di pericolosità", le quali tengono conto sia dei dissesti avvenuti nel passato e della possibilità che si ripetano, sia della possibilità di nuovi dissesti. Il territorio viene diviso in tre classi principali (I, II, III), le quali corrispondono a gradi di pericolosità crescente; inoltre vengono suddivise in diverse sottoclassi.

Per fornire un chiarimento tecnico sugli aspetti di dubbia interpretazione e aumentare l'oggettività dello standard di lavoro, è stata introdotta la Nota Tecnica Esplicativa "N.T.E." (REGIONE PIEMONTE, 1999), redatta dopo tre anni di applicazione della circolare 7/LAP.

Al fine di uniformare gli indirizzi del P.A.I. con la C.P.G.R. 7/LAP, la Regione Piemonte ha emanato le seguenti Deliberazioni di Giunta Regionale: D.G.R. n. 31-3749 del 06/08/2001 - D.G.R. n. 45-6656 del 15/07/2002 - D.G.R. n. 1-8753 del 18/03/2003, D.G.R. n. 2-11830 del 28.07.2009 e D.G.R. n. 31-1844 del 7.04.2011. Dette D.G.R. definiscono le modalità operative di gestione delle Varianti PAI dei P.R.G.C., nonché gli indirizzi per l'attuazione del PAI nel settore urbanistico (D.G.R. 45-6656 del 15.07.2002) e per omogenea la trasposizione dei dati inerenti al dissesto negli strumenti di pianificazione a scala di bacino (P.A.I.).

3.3.2 – Norme tecniche per le costruzioni

La Legge n. 64 del 2.02.1974 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche", all'Art. 1, introduce la necessità di prevedere norme tecniche, sia per le costruzioni pubbliche che private, per i vari elementi costruttivi, da fissare mediante successivi decreti.

In particolare detta Legge (punto c dell'Art. 1) evidenzia come le norme (da sviluppare mediante decreti) riguarderanno "indagini sui terreni e sulle rocce, stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, criteri generali e precisazioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

Il Decreto Ministero Dei Lavori Pubblici 21.01.1981 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", contiene i principali criteri per la progettazione e l'esecuzione di indagini in situ, per lo studio della stabilità di pendii naturali e scarpate e per le opere di consolidamento (oltre a numerosi altri interventi), al fine di garantire la sicurezza e la funzionalità del complesso opera – terreni e di assicurare la stabilità del territorio.

Segue il Decreto Ministero Dei Lavori Pubblici 11.03.1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di

sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione", che approfondisce ed integra i criteri da seguire per il progetto e per l'esecuzione di indagini sui terreni, intesi quali terre o rocce nella loro sede, il progetto di stabilizzazione dei pendii naturali e per il progetto di scavi; per il progetto delle discariche e delle colmate; per il progetto degli interventi di consolidamento di ammassi di terreni e rocce; per il progetto degli interventi di ristrutturazione e consolidamento di esistenti strutture di fondazione e di sostegno; per lo studio di fattibilità di opere e di insiemi di opere e relativi interventi nel sottosuolo che interessano grandi aree o grandi volumi di terreno, nonché per lo studio e la valutazione degli effetti di emungimenti di fluidi dal sottosuolo e di perturbazione del regime delle pressioni interstiziali.

I principi ed i criteri hanno lo scopo di garantire la sicurezza e la funzionalità del complesso opere-terreni e di assicurare in generale la stabilità del territorio sul quale si inducono sollecitazioni e deformazioni.

In ultimo il Decreto 14 gennaio 2008 del Ministero delle Infrastrutture "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" approfondisce ulteriormente l'argomento definendo un insieme di norme per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica, stabilità e durabilità.

3.3.3 - Riferimenti legislativi in ambito di codice della strada

Vista l'importanza nevralgica giocata dai combinati disposti dagli articoli del Codice della Strada (D.Lgs. 30.4.1992, n. 285 e s.m.i.) e del suo Regolamento di Attuazione (D.P.R. 16.12.1992, n. 495 e s.m.i.), si riportano di seguito alcuni articoli di interesse aventi ad oggetto la manutenzione delle interferenze dei fondi privati al nastro stradale, rimandando ad una trattazione più diffusa dell'argomento riguardante i contenuti del Codice della Strada, collocata nell'**Allegato 1** (Riferimenti al codice della strada) al presente Manuale, dove si avrà modo di trattare nel dettaglio i punti salienti della materia.

dal CODICE DELLA STRADA (D.Lgs. 285/92 e s.m.i.)

ART. 29 - Piantagioni e siepi

"1. i proprietari confinanti hanno l'obbligo di mantenere le siepi in modo da non restringere o danneggiare la strada o l'autostrada e di tagliare i rami delle piante che si protendono oltre il confine stradale e che nascondono la segnaletica o che ne compromettono comunque la leggibilita' dalla distanza e dalla angolazione necessarie.
2. qualora per effetto di intemperie o per qualsiasi altra causa vengano a cadere sul piano stradale alberi piantati in terreni laterali o ramaglie di qualsiasi specie e dimensioni, il proprietario di essi e' tenuto a rimuoverli nel piu' breve tempo possibile.
3. chiunque viola le disposizioni del presente articolo e' soggetto alla sanzione amministrativa del pagamento di una somma da €. 155,00 a €. 624,00.
4. alla violazione delle precedenti disposizioni consegue la sanzione amministrativa accessoria dell'obbligo, per l'autore della stessa, del ripristino a sue spese dei luoghi o della rimozione delle opere abusive secondo le norme del capo i, sezione ii, del titolo vi."

ART. 3, comma 1, n. 10) - Confine stradale
"limite della proprieta' stradale quale risulta dagli atti di acquisizione o dalle fasce di esproprio del progetto approvato; in mancanza, il confine e' costituito dal ciglio esterno del fosso di guardia o della cunetta, ove esistenti, o dal piede della scarpata se la strada e' in rilevato o dal ciglio superiore della scarpata se la strada e' in trincea."
dal REGOLAMENTO DEL CODICE DELLA STRADA (D.P.R. 495/92 e s.m.i.) - Comma 3.

ART. 26 - Fascia di rispetto fuori dai centri abitati.
"3. la distanza dal confine stradale, fuori dai centri abitati, da rispettare per impiantare alberi lateralmente alla strada, non puo' essere inferiore alla massima altezza raggiungibile per ciascun tipo di essenza a completamento del ciclo vegetativo e comunque non inferiore a 6 m."

3.3.4 - Prestazioni e criteri per una ottimale manutenzione delle strade

Attualmente, nella normativa nazionale non è adeguatamente trattato il tema relativo alla **manutenzione** delle strade. A questa mancanza ha ad esempio sopperito la Regione Lombardia con l'emanazione della DGR VIII 1790 del 25 gennaio 2006 (cfr **All. 2**), che, recependo la normativa svizzera di settore, fornisce un esaustivo strumento preso dal presente manuale come modello da proporre in sede di pianificazione regionale piemontese come esposto in seguito (Cap. 5).

3.3.5 - Riferimenti legislativi in ambito di danni da mancata manutenzione stradale

La Giurisprudenza si è di continuo interrogata e divisa in merito alla responsabilità della pubblica Amministrazione per omessa o cattiva manutenzione delle strade pubbliche. Le prime pronunce giurisprudenziali erano caratterizzate dall'affermazione del principio di

irresponsabilità della pubblica Amministrazione per i danni conseguenti all'uso delle strade; in particolare l'orientamento più tradizionalista ricollega la fattispecie alla tutela prevista dall'art. 2043 Cc Art. (Risarcimento per fatto illecito. Qualunque fatto doloso o colposo, che cagiona ad altri un danno ingiusto, obbliga colui che ha commesso il fatto a risarcire il danno - fr. Cp. art. 185), mentre le posizioni più innovative riconducono la responsabilità della PA alla disciplina di cui all'art. 2051 Cc (Danno cagionato da cosa in custodia. Ciascuno è responsabile del danno cagionato dalle cose che ha in custodia, salvo che provi il caso fortuito - cfr. artt. 1218,1256 Cc.)

Vista l'importanza degli argomenti trattati in materia di danni derivanti da non corretta manutenzione dei nastri stradali, si rimanda all'**Allegato 3** al Manuale, in cui è riportata la completa disamina delle principali sentenze della Corte di Cassazione.

4 – SPERIMENTAZIONE

Nella fase di sperimentazione del lavoro sono stati censiti 60 casi di dissesto, verificati nel territorio della Comunità Collinare Alto Astigiano e conseguenti a due eventi meteorici intensi (dicembre 2008-aprile 2009 e marzo 2011).

4.1 – Gli eventi meteorici calamitosi del periodo 2008-2011

4.1.1 - Eventi del dicembre 2008 e dell'aprile 2009

Dalla consultazione dei rapporti d'evento pubblicati da Arpa Piemonte (**Rif. Web n. 10, 11, 12**) e dalle pubblicazioni di DI MARTINO et alii (2009), CAMPUS et alii (2011), RICCA et alii (2011), si evince come nel corso del semestre novembre 2008-aprile 2009, il Piemonte meridionale sia stato interessato da precipitazioni continue e prolungate nel tempo, le quali hanno determinato uno scenario di criticità diffusa e persistente nel tempo.

Ciò ha determinato un quadro, piuttosto inusuale, in cui successivi eventi meteorici, significativi ma non eccezionali, hanno gravato su terreni costantemente saturi innescando sui versanti movimenti a profondità via via crescenti.

L'evento oggetto di studio si è differenziato, rispetto ad altri eventi alluvionali per uno sviluppo temporale piuttosto lungo (dal dicembre 2008 fino all'aprile 2009) con 4 fasi parossistiche, di cui due maggiormente critiche, che hanno determinato, ad aprile, un quadro assai grave.

L'evento alluvionale del 4-6 novembre 1994, molto noto anche a livello nazionale, ha presentato, viceversa, notevoli intensità di precipitazione con sviluppo di fenomeni rapidi e distruttivi, in un breve lasso temporale.

Nell'evento oggetto di studio un ruolo determinante è stato esercitato dallo scioglimento del manto nevoso; nel periodo in esame, si sono verificate almeno 4 nevicate significative (fine novembre 2008, metà e fine dicembre 2008, Epifania 2009) che hanno ricoperto le colline astigiane, con almeno 20-60 cm di neve in ogni occasione.

Si è determinata pertanto la saturazione costante e continua dei terreni a partire dal novembre 2008 fino all'aprile 2009.

4.1.1.1 - L'evento meteorologico

In pianura e in collina, già dalla fine di novembre si sono registrate copiose precipitazioni nevose che si sono reiterate fino al mese di febbraio.

Le più importanti precipitazioni nevose che hanno raggiunto le quote collinari e le pianure si sono verificate alla fine di novembre 2008, a metà e alla fine di dicembre 2008, nonché nel giorno dell'Epifania 2009 (DI MARTINO *et alii*, 2009).

Ai contributi nevosi occorre aggiungere numerosi eventi piovosi che hanno caratterizzato il periodo; in particolar modo, come si può notare in **Figura 4.1,** nel territorio della Comunità Collinare Alto Astigiano le nevicate e le precipitazioni più significative avvenute diffusamente sul territorio si sono verificate nei seguenti periodi:

1) 29 ottobre - 7 novembre 2008
2) 28 novembre – 2 dicembre 2008
3) 10 - 17 dicembre 2008
4) 29 marzo - 3 aprile 2009
5) 25 - 28 aprile 2009.

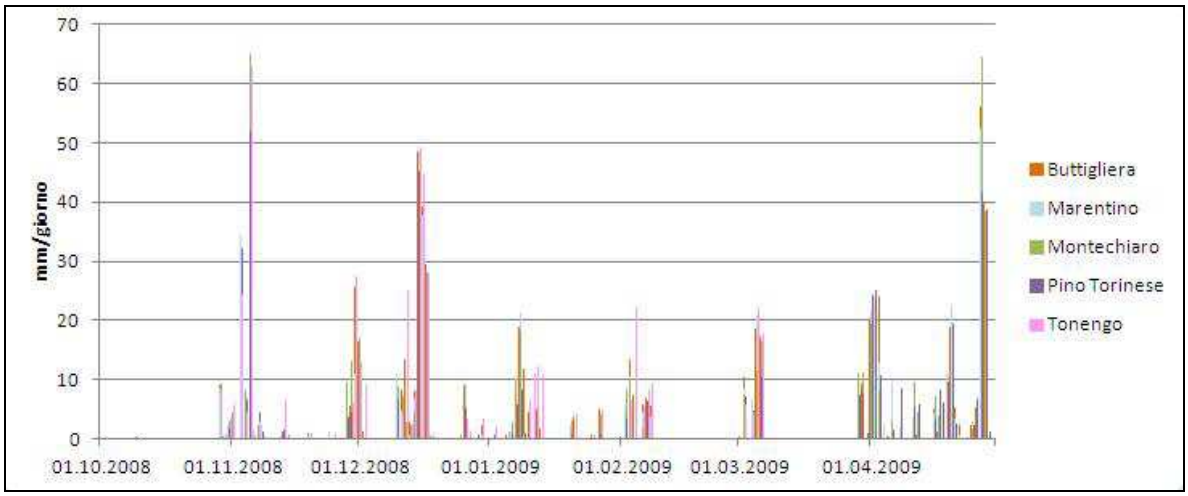


***Figura 4.1** – Individuazione dei periodi di maggior piovosità registrati dalle stazioni pluviometriche presenti nell'intorno dell'area di studio. Elaborazione dati degli annali meteorologici di Arpa Piemonte (**RIF. WEB N.4**).*

4.1.1.2 - Il dissesto idrogeologico

Di seguito vengono esaminate e descritte in dettaglio le 4 fasi critiche nelle quali si è articolato l'evento, in concomitanza alle quali si sono innescati i principali e più importanti

movimenti franosi. Di queste, le fasi che hanno fatto registrare i fenomeni gravitativi più significativi sono state quelle del 15-16 dicembre 2008 e del 26-27 aprile 2009.

Frane del 15 - 16 dicembre 2008

Le piogge che hanno innescato le frane hanno interessato terreni già in precedenza saturati sia dalle precipitazioni piovose del 29 ottobre - 7 novembre, sia dallo scioglimento del manto nevoso depostosi tra il 28 novembre e il 1 dicembre.

In generale, si sono sviluppati movimenti gravitativi di tipo superficiale, a carico delle coltri di copertura: si è trattato quindi di frane per saturazione e fluidificazione della coltre superficiale, senza il coinvolgimento del substrato, caratterizzate da cinematismo rapido.

Frane sviluppatesi nella prima settimana di febbraio 2009

Le precipitazioni responsabili dei movimenti franosi non hanno presentato una particolare intensità; tuttavia, l'innalzamento delle temperature, con il conseguente scioglimento del manto nevoso fino ad allora presente a terra, ha provocato una ulteriore saturazione dei terreni, che ha determinato l'innesco di una nuova tipologia di dissesti. Anche in questo caso, l'acqua equivalente, immagazzinata sotto forma di copertura nevosa, depostasi nelle giornate del 6-7 gennaio 2009, ha svolto un ruolo dominante. Essa si è infatti sommata alla pioggia caduta alla fine di gennaio e all'inizio di febbraio, andando a determinare l'innesco di nuovi fenomeni franosi.

In questo periodo, iniziano a manifestarsi i primi fenomeni gravitativi che interessano il substrato: si tratta di frane, numericamente assai inferiori a quelle del dicembre 2008, ma altresì caratterizzate da cinematismi lenti e complessi, con coinvolgimento di volumi considerevoli. Si sono verificati dissesti a spese delle coltri superficiali anche su pendii caratterizzati da pendenze deboli.

Frane legate alle precipitazioni del 28 marzo - 2 aprile 2009

In questo periodo si sono registrate precipitazioni alquanto disomogenee, sia come durata sia come intensità; sostanzialmente, violenti scrosci hanno colpito areali limitati, mentre aree più vaste sono state interessate da piogge di intensità più modesta.

Si è registrato un generale aggravamento del quadro dissestivo già in atto, e il contemporaneo sviluppo di fenomeni ex novo.

Frane del 26 - 27 aprile

Le precipitazioni che hanno innescato i dissesti si sono caratterizzate per notevole intensità e durata e hanno agito su terreni già saturati, in condizioni di collasso imminente o, in alcuni casi, già avvenuto.

Quindi, in uno scenario di crisi generalizzata, si sono registrati numerosi nuovi fenomeni di fluidificazione delle coltri superficiali di ingenti proporzioni, con danni a fabbricati o nuclei edificati, alla viabilità (principale e secondaria) e ai terreni agricoli.

Infine, fenomeni franosi dal cinematismo complesso hanno colpito vasti settori collinari.

4.1.2 - Evento del marzo 2011

4.1.2.1 L'evento meteorologico

L'andamento delle precipitazioni nell'autunno-inverno del 2010-2011 è del tutto confrontabile con quello dello stesso periodo del 2008-2009, come si può notare in **Figura 4.2.**

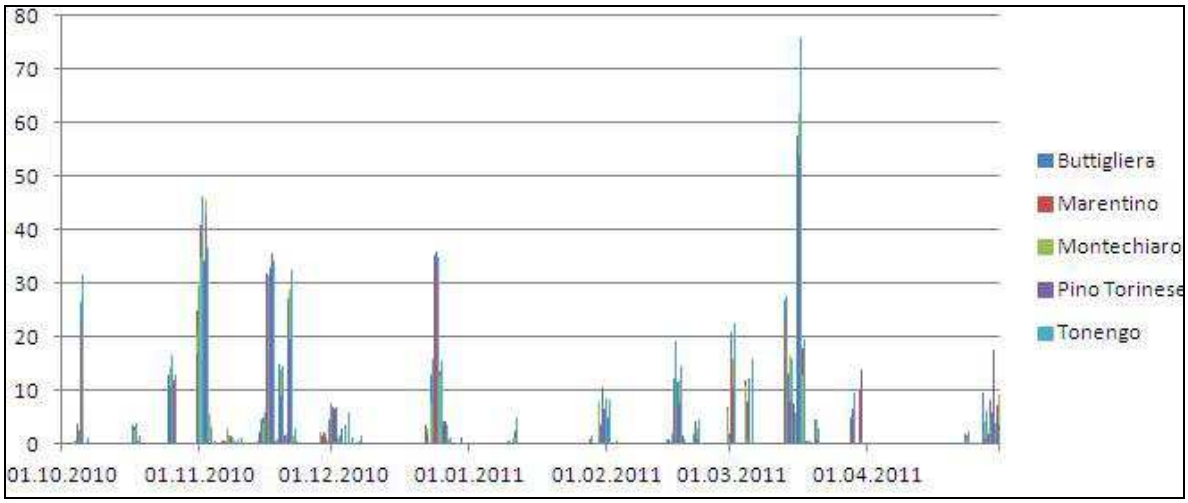


***Figura 4.2** – Rappresentazione grafica della piovosità registrata dai pluviometri presenti nell'area di studio nell'autunno-inverno 2010-2011. Si notano dei picchi di precipitazioni a inizio e metà novembre,inizio e fine dicembre, inizio e metà marzo (**RIF. WEB N. 4**).*

Il rapporto dell'evento meteopluviometrico del 15 e 16 marzo 2011, disponibile al **RIF. WEB N. 13**, dove si riporta che le precipitazioni dei giorni 14-17 marzo 2011 hanno interessato la regione Piemonte dopo un periodo di piogge diffuse, accentuando così gli effetti al suolo. In un quadro di piogge diffuse con una media areale di 100 mm su gran parte della regione e

intensità non particolarmente elevate, i quantitativi maggiori sono stati registrati sull'Appennino Ligure-Piemontese con oltre 300 mm a Piampaludo e Sassello (SV).

L'analisi statistica indica che l'evento è stato caratterizzato da tempi di ritorno non particolarmente elevati e comunque non superiori a 10 anni.

In **Figura 4.3** viene riportata una carta della distribuzione delle isoiete di precipitazione; nell'area di interesse i valori cumulati delle precipitazioni non superano i 100 mm.

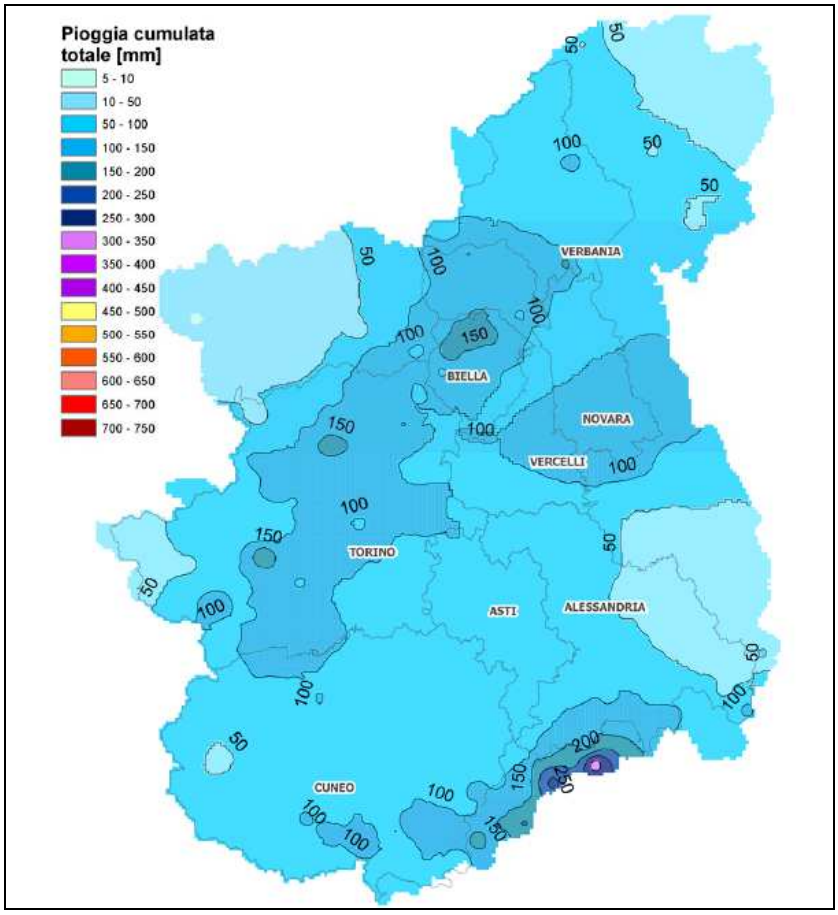


***Figura 4.3** – Isoiete di precipitazione cumulata totale dell'evento riferite ai giorni 15 e 16 marzo 2011 (**RIF. WEB N. 13**).*

Le precipitazioni avvenute, benché di intensità e durata non eccezionali, sono state assai diffuse sul territorio delle province meridionali del Piemonte e, dai riscontri che provengono dai rilevamenti, si sono rivelati di un certo impatto anche per la stretta consequenzialità con le piogge abbondanti già verificatesi nei giorni immediatamente precedenti **(Tab. 4.1**).

Tabella 4.1 *- Precipitazioni in mm registrate nelle giornate dal 25 al 28 aprile dai pluviometri presenti nell'intorno dell'area di studio. Si nota come le precipitazioni superino nella maggior parte dei casi i 100 mm (**RIF. WEB N. 4**).*

	13.mar	14.mar	15.mar	16.mar	17.mar	TOT	Media annua	Quota (m s.l.m.)
BUTTIGLIERA D'ASTI	27	23,2	5,6	57,6	15,6	129	734	290
MARENTINO	18,6	8	5,4	53,8	18,2	104	707	270
MONTECHIARO	23,8	11,4	7,4	55,2	18	115,8	652	200
PINO TORINESE	26,2	16,4	5,6	61,8	12,8	122,8	686	608
TONENGO	27,4	18,8	6	75,8	19,6	147,6	787	480

4.1.2.2 – Il dissesto idrogeologico

I settori maggiormente interessati dall'evento alluvionale comprendono essenzialmente l'Alessandrino, l'Astigiano, la collina di Torino, il Pinerolese, il Cuneese, coinvolgendo sia le aree di pianura che le aree collinari ed in subordine la fascia montana e pedemontana. Anche altri settori del territorio piemontese, variamente distribuiti, risultano in diverso modo coinvolti dall'evento ma con effetti di minore intensità.

Dai rilevamenti e dalle segnalazioni pervenute, si conferma una cospicua serie di danni soprattutto nelle zone collinari della parte meridionale della Regione, dove le caratteristiche dei terreni, la diffusa distribuzione degli abitati e il fitto reticolo stradale rendono tali aree particolarmente esposte a fenomeni di questo tipo. Si è pertanto registrata una gran quantità di segnalazioni di frane, assestamenti e cedimenti a discapito della rete viaria di ogni ordine, anche con il coinvolgimento di insediamenti edificati o di singoli edifici, come nel caso del crollo di un muro storico coinvolgente un'abitazione a Castelnuovo Don Bosco. Nel complesso i processi prevalenti interferenti con attività antropiche sono legati a frane interessanti le coltri superficiali e, subordinatamente, crolli, che hanno coinvolto numerosi tratti stradali e, in misura minore, edifici spesso collocati in siti assolutamente inidonei.

In **Figura 4.4** viene riportata la distribuzione a scala regionale dei comuni interessati da fenomeni di esondazioni, interruzioni stradali, fenomeni franosi. I comuni della Comunità Collinare Alto Astigiano sono stati coinvolti in questi fenomeni.

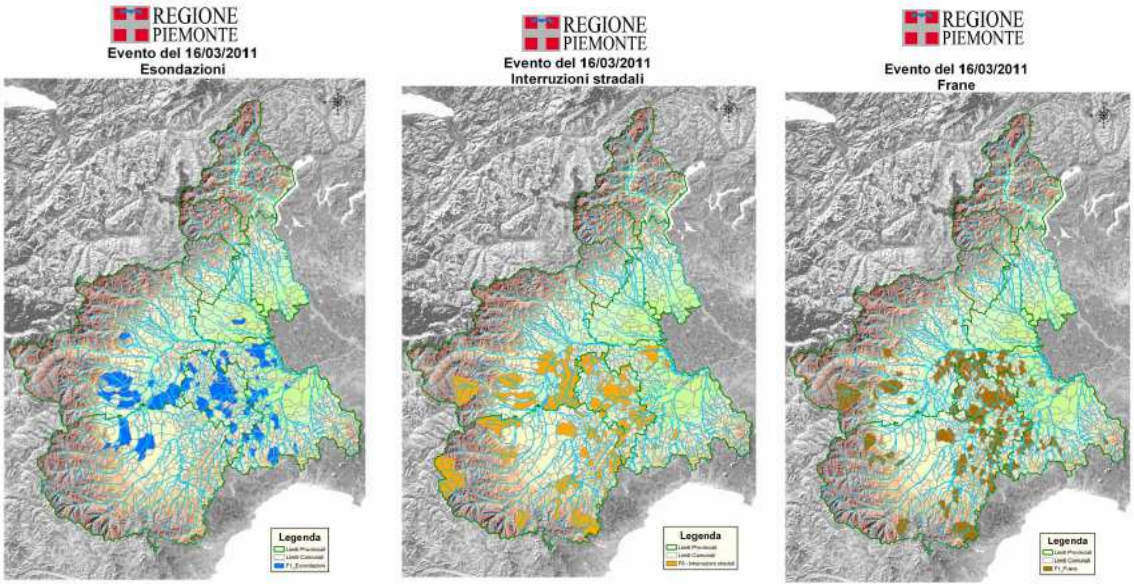


Figura 4.4 *– Carte riepilogative primarie dei comuni colpiti da esondazioni, frane e interruzioni stradali. (**RIF. WEB N. 13**).*

Si riporta di seguito una rassegna dei dissesti censiti dalle autorità di controllo nei giorni successivi all'evento alluvionale nei comuni appartenenti alla Comunità Collinare Alto Astigiano (**RIF. WEB N. 13**).

Albugnano

Segnalata una frana sulla SP 74 (fonte: segnalazione OO.PP. AT).

Aramengo

Un movimento franoso lungo la strada comunale Masio ha determinato la chiusura della strada ed è in corso il monitoraggio del cortile di due abitazioni sovrastanti al fine di valutarne cautelativamente lo sgombero. Una frana sulla strada Boi è giunta a ridosso delle case della borgata e risulta ancora in movimento. Si segnala il cedimento del sedime stradale della strada comunale Perello Alto ed un secondo cedimento della banchina stradale è segnalato presso Borgata Romagnolo: il traffico veicolare è stato interrotto. In via Montegrappa, nella zona sovrastante il cimitero, nell'area limitrofa alla chiesa parrocchiale si è innescata una frana superficiale di limitate dimensioni; il movimento è ancora in atto.

Frane di limitate dimensioni interessano le strade in borgata Tana, Loc. Montarbio, strada mulino Braia, strada Noè. Un ulteriore cedimento del sedime stradale è segnalato lungo la

strada borgata Besolo – c.na Beltrame. (fonte: Provincia di AT- Sala Operativa Protezione Civile, Settore OO.PP. di AT, settore Prevenzione del Rischio Geologico AL, AT, BI, VC).

Berzano San Pietro

Segnalati movimenti franosi in strada comunale Gervasio (materiale franato sulla strada), strada San Giovanni in loc. Valle Gervasio e valle Ochera (cedimento della sede stradale). Segnalato il cedimento di un muro di sostegno in calcestruzzo a valle della Via comunale e un cedimento a valle di via Roma in corrispondenza del vialetto panoramico della S.P. n. 16 verso Castelnuovo Don Bosco; movimenti franosi su sc Gattina, sc Gervasio e peggioramento sc San Giovanni. (fonte: Provincia di AT- Sala Operativa Protezione Civile, Settore OO.PP. di AT, settore Prevenzione del Rischio Geologico AL, AT, BI, VC).

Castelnuovo Don Bosco

Un movimento franoso ha causato gravi lesioni ad un muro storico e ad un edificio del concentrico (**Fig. 4.5**); fortunatamente gli inquilini della casa della quale il muro è crollato dormivano nel settore frontale dell'edificio, mentre è crollato il muro del lato cortile. Ordinanza di sgombero per 3 edifici e relative pertinenze.

Franamento a monte della scarpata che ha determinato la chiusura delle strade San Pietro in Zucca e sc Fraz. Ranello n.15 interessante un'abitazione privata; franamento a valle della scarpata stradale per la borgata Galavertini; allagamento del sedime stradale con danneggiamento dell'asfalto e delle pertinenze stradali sulla sc Nevissano; sgretolamento della scarpata presso il condominio dei Rivalba; sgretolamento della scarpata a monte lungo la sc di Candia (fonte: segnalazione OO.PP. AT).

***Figura 4.5** – Le intense precipitazioni del 15-16 marzo 2011 hanno causato il crollo di un muro storico e danni all'abitazione sottostante, in Via Roma, nel concentrico di Castelnuovo Don Bosco.*

Moncucco Torinese

Presso la località Pogliano, una frana limita la circolazione della strada comunale. Cedimento della banchina di strada Pogliano dalla piazzetta al civico 3 e 4; chiusura al transito. Cedimenti sono segnalati in strada San Giuseppe e in località Verbia. Un frana di dimensioni modeste ha interessato la strada comunale Brandizzo. La strada Oriale presso la località Rivalta è interessata da allagamenti per l'esondazione del rio Fontanelle. Interrotta la viabilità verso Cinzano lungo la SP 32 nei pressi del cimitero di Moncucco verso la località Boschi. Alcuni dissesti di modeste dimensioni interessano le località Moglia, Rocca, San Giorgio e cimitero (fonte: Provincia di AT- Sala Operativa Protezione Civile, Settore OO.PP. di AT, settore Prevenzione del Rischio Geologico AL, AT, BI, VC).

Montafia

Sono segnalate alcune frane lungo le strade comunali Vignole, Valpittora, Valdessero, strada Longorio, strada dei Boschi e via Nigiotto. (fonte: Provincia di AT- Sala Operativa Protezione Civile, Settore OO.PP. di AT, settore Prevenzione del Rischio Geologico AL, AT, BI, VC).

Passerano Marmorito

Interrotta a causa di un dissesto in prossimità delle frazioni Primeglio e Schierano la SP 78 Albugnano – Passerano; un dissesto nel concentrico ha ostruito l'accesso all'abitazione di proprietà del Sig. Omegna Luca in via Recinto del Castello n. 19. Chiusa al traffico per la presenza di dissesti la strada comunale Valfarengo. Parziale ostruzione della strada Merlina e di strada del Pozzo in fraz. Schierano. Ostruzione parziale S.P.n.78 - chiusura della stessa. Segnalazioni di caduta di materiale e fango in via Vittorio Emanuele, frazione Primeglio (fonte: Provincia di AT- Sala Operativa Protezione Civile, Settore OO.PP. di AT, settore Prevenzione del Rischio Geologico AL, AT, BI, VC).

4.2 - Censimento dati e compilazione schede

La fase di sperimentazione è iniziata nel dicembre 2010 con un censimento sul terreno di quei dissesti coinvolgenti la rete stradale di pertinenza comunale, segnalati dalle amministrazioni comunali, avvenuti nel periodo dicembre 2008-aprile2009 (**Fig. 4.6**)

COMUNE DI BUTTIGLIERA D'ASTI

Oggetto: "MANUALE D'USO DEL SUOLO" - MONITORAGGIO E CENSIMENTO DELL'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL TERRITORIO DELLA COMUNITA' COLLINARE ALTO ASTIGIANO.

ELENCO DISSESTI DA CENSIRE E MONITORARE

N°	DESCRIZIONE	LOCALITÀ / INDIRIZZO	GRADO DI PRIORITA'N.
1	DISSESTO DI SPONDA ALVEO DEL RIO TRAVERSOLA	STRADA VICINALE DEI BOSCHI C/O PONTE DELLA RANA	1
2	DISSESTO DI SPONDA ALVEO DEL RIO TRAVERSOLA	STRADA VICINALE DEI BOSCHI C/O PONTE DI DON ELIA	1
3	EROSIONE DI PORZIONE DI STRADA	STRADA COMUNALE DELLA COSTA DEL PASCOLO	1
4	FRANA IN LOC. BRICCO OTTAVIO	STRADA BRICCO OTTAVIO	1

***Figura 4.6** – Esempio di scheda delle segnalazioni dei dissesti da parte dell'amministrazione comunale di Buttigliera d'Asti alla Comunità Collinare Alto Astigiano.*

Nella fase di censimento dei dati, conclusasi nel maggio 2010, sono stati censiti 60 dissesti, variamente distribuiti sul territorio (**Tab. 4.2**). Il censimento ha riguardato anche alcuni dei dissesti sviluppati a seguito dell'evento del marzo 2011.

Per ciascun dissesto è stata redatta una scheda descrittiva (**All. 4 schede**), secondo le indicazioni riportate in **Tabella 4.3**

***Tabella 4.2** – Numero di dissesti censiti per comune.*

Comune	N° dissesti	Comune	N° dissesti
Albugnano	7	Mombello di Torino	0
Aramengo	7	Moncucco Torinese	5
Berzano S. Pietro	6	Montafia	7
Buttigliera d'Asti	7	Moransengo	2
Capriglio	7	Passerano Marmorito	5
Castelnuovo Don Bosco	3	Pino d'Asti	1
Cerreto d'Asti	3		

Tabella 4.3 *–Scheda base utilizzata per la descrizione dei dissesti censiti.*

Sigla
Data sopralluogo
Descrizione: viene riportata una breve introduzione al tipo di dissesto ed all'area coinvolta.
Inquadramento geografico: si riporta un'immagine con la localizzazione del dissesto rispetto all'intera Comunità Collinare Alto Astigiano. Vengono fornite indicazioni per raggiungere il sito di interesse.
Localizzazione cartografica: viene riportato uno stralcio tratto dalla Carta Tecnica alla scala 1:5.000.
Idrografia: si individuano le principali linee di deflusso ed il bacino idrografico di appartenenza.
Inquadramento geologico/pedologico: viene fornita una breve descrizione della successione stratigrafica dell'area in dissesto, corredata da uno stralcio della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000 dove disponibile, a scala 1:100.000 nel territorio meridionale della Comunità. Si riporta la classificazione del suolo con indicazioni relative alla tessitura dei terreni tratta dalla Carta dei Suoli della Regione Piemonte a scala 1:50.000 (**RIF. WEB N. 14**).
Descrizione del dissesto: viene descritto in dettaglio il dissesto, riportando ciò che è stato possibile osservare durante il sopralluogo, eventuali testimonianze dei tecnici comunali, fotografie.
Data ultima attivazione: in base alle testimonianze dei tecnici comunali si riporta la data di attivazione del dissesto (in riferimento essenzialmente agli eventi di dicembre 2008 – aprile 2009 e marzo 2011).
Cause del dissesto: si analizzano le condizioni predisponenti (es. acclività dei versanti, drenaggio errato delle acque superficiali, ...)
Metodi per la prevenzione del dissesto in oggetto: in base alla definizione delle cause predisponenti il dissesto, si individuano quegli accorgimenti che avrebbero potuto evitare il dissesto o limitarne i danni (es. riprofilatura del versante, manutenzione delle opere di deflusso dell'acqua superficiale...)
Interventi: si forniscono indicazioni per un corretto intervento di risistemazione del dissesto, privilegiando interventi che risolvano definitivamente il problema non solo nel settore attualmente in dissesto, ma anche nei settori limitrofi che presentino le stesse condizioni di potenziale instabilità (es. riprofilatura di versante, rilocalizzazione della strada in un settore meno pericoloso, piuttosto che un muro di sostegno localizzato unicamente nel settore in dissesto).

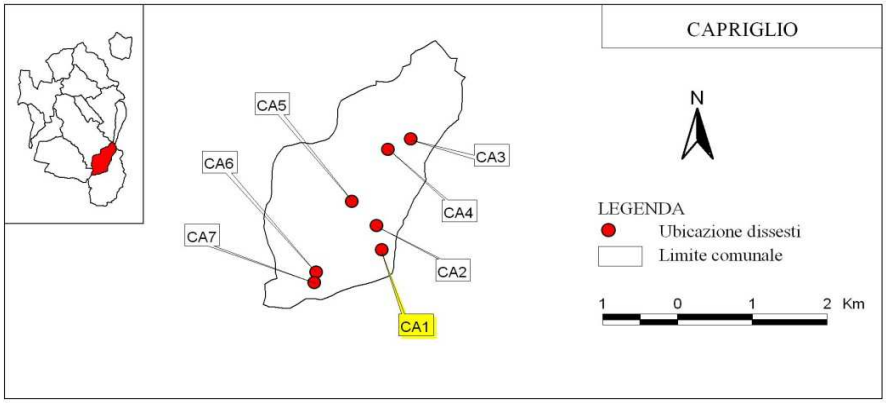
4.2 1 – Esempio 1

Sigla: Capriglio 1

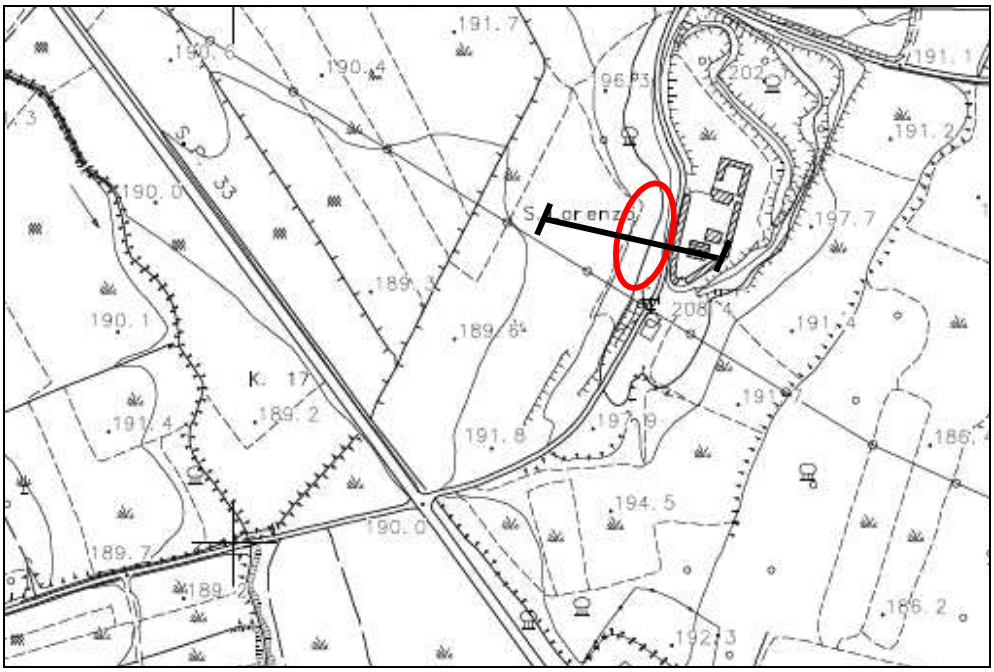
Data sopralluogo: 1/3/2011

Descrizione: consolidamento S.C. Boschignolo presso l'area cimiteriale.

Inquadramento geografico: Il sito in esame è situato lungo il versante esposto a NW della terminazione meridionale del rilievo allungato in direzione NNW-SSE sul quale sorge l'abitato di Capriglio. In particolare il dissesto si sviluppa nel tratto di strada che costeggia il muro esterno dell'area cimiteriale.



Localizzazione cartografica:

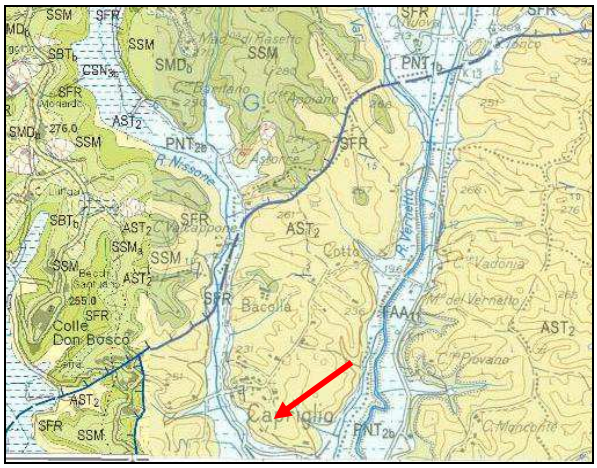


Stralcio della Carta Tecnica numerica a scala 1:5.000 (Tav. 175014 Montafia).

Viene indicata in rosso l'area in frana e in nero è riportata la traccia della sezione di Figura 1.

Idrografia: le acque superficiali ricadono nel bacino idrografico del Rio Nissone. Bacino idrografico di appartenenza: Borbore-Triversa.

Inquadramento geologico:



Stralcio della Carta Geologica a scala 1:50.000 (Foglio 157 Trino).

Struttura: le formazioni litologiche mostrano giaciture immergenti a basso angolo verso S-SW.

Litologia: il rilievo collinare su cui sorge l'abitato di Capriglio è costituito dal membro sabbioso della formazione delle Sabbie di Asti (AST_2). Lungo le incisioni dei rii Nevissano e Vernetto, che delimitano il rilievo, si ha una estesa distribuzione dei sedimenti alluvionali, indicati nei Foglio 157 Trino come appartenenti al Subsintema di Gaminella (PNT_{2b}).

Tipo di suolo associato: B1 – inceptisuoli di pianura non idromorfi e non ghiaiosi

Tessitura subsoil: FL

Tessitura Topsoil: F

Descrizione del dissesto:

La S.C. Boschignolo presenta dei marcati cedimenti del manto stradale per una lunghezza indicativa di circa 20 m.

Si tratta di un dissesto superficiale riconducibile al cedimento del ciglio della sede stradale. La frana è attiva con elevato rischio di evoluzione regressiva e laterale ed ha interessato le coltri di copertura superficiale ed il rilevato della sede stradale stessa.

L'Amm.ne Com.le è intervenuta con ricarichi di asfalto al fine di ripristinare il transito in sicurezza in seguito alle riattivazioni del dicembre 2008 e dell'aprile 2009.

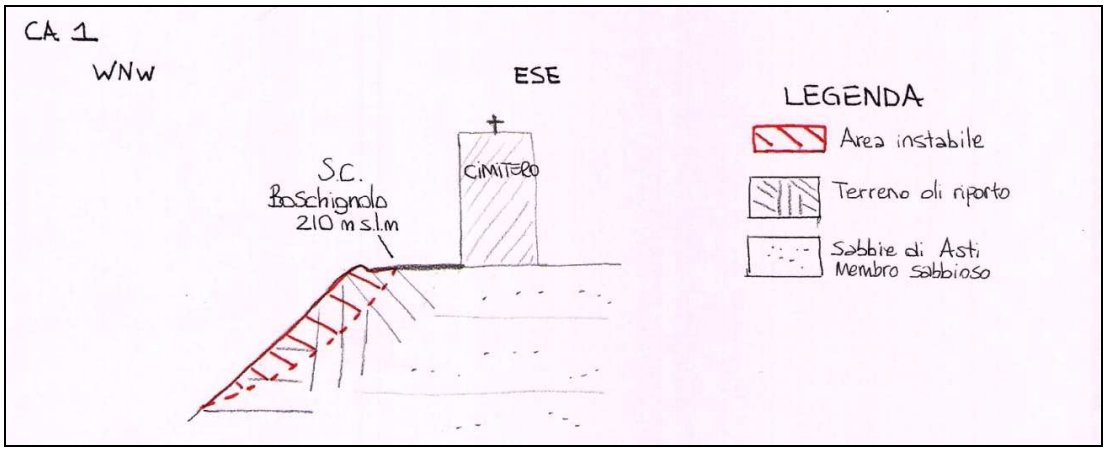


Figura 1 – Sezione schematica interpretativa dell'area in frana (non in scala).

Figura 2 – Stato del dissesto alla data del sopralluogo: a) foto scattata guardando verso S; b) foto orientata come la sezione di Fig. 1.

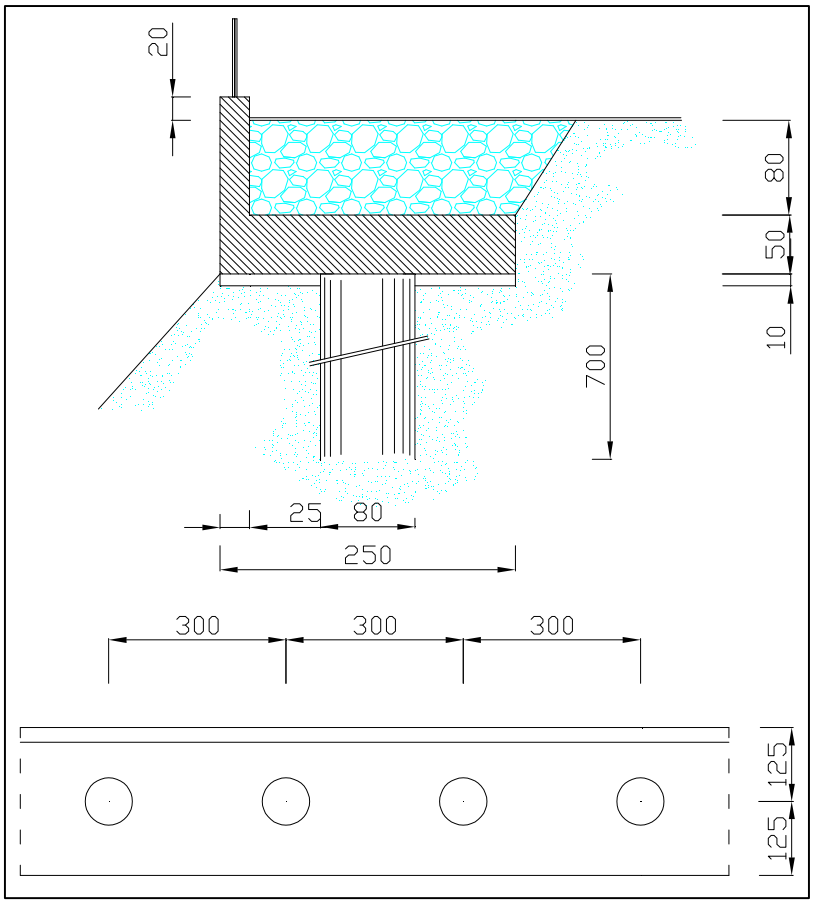
Data ultima attivazione: marzo 2011.

Cause del dissesto: In un contesto predisponente in seguito all'acclività del versante ed alla presenza di terreni di riporto e coltri di copertura con caratteristiche geomeccaniche scadenti, l'assenza di un adeguato sistema di regimazione delle acque superficiali costituisce un elemento destabilizzante, che ha contribuito in modo significativo all'innesco del fenomeno franoso. In particolare le acque del piazzale antistante l'area cimiteriale (parcheggio), in occasione di eventi meteorici intensi e prolungati nel tempo, defluiscono in parte verso la S.C. Boschignolo e vengono convogliate lungo il versante interessato del fenomeno franoso. Si rileva inoltre come sul versante in esame sia presente vegetazione d'alto fusto fortemente ammalorata ed in qualche caso deviata dalla verticale.

Metodi per la prevenzione del dissesto in oggetto: Al fine di mitigare i processi in atto dovranno essere regimate le acque superficiali mediante realizzazione di almeno 2 caditoie in grado di intercettare le acque dal piazzale e convogliarle, mediante gli opportuni accorgimenti tecnici, lungo il versante sottostante. Si ritiene inoltre necessario prevedere la riasfaltatura del tratto interessato dai cedimenti, riprofilando la sede stradale con pendenza verso monte. In ultimo si dovrà prevedere la manutenzione forestale dell'area con taglio selettivo delle essenze d'alto fusto.
Interventi per la sistemazione definitiva: Per la sistemazione definitiva dell'area si prevede la realizzazione di una soletta in c.a. della lunghezza di 20 m per una larghezza di 2.5 m, fondata su pali trivellati di grande diametro (600 mm). Questo intervento dovrà necessariamente essere associato alla regimazione delle acque superficiali descritta in precedenza.

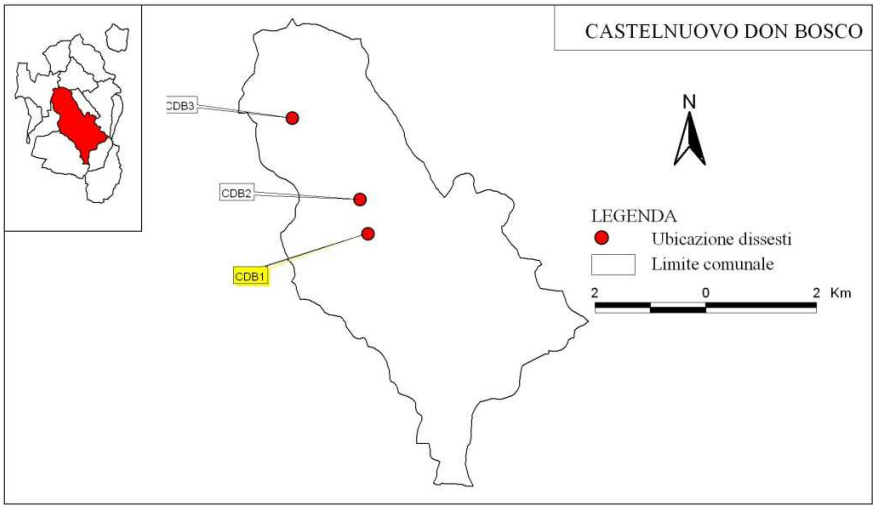
OPERA COMPIUTA

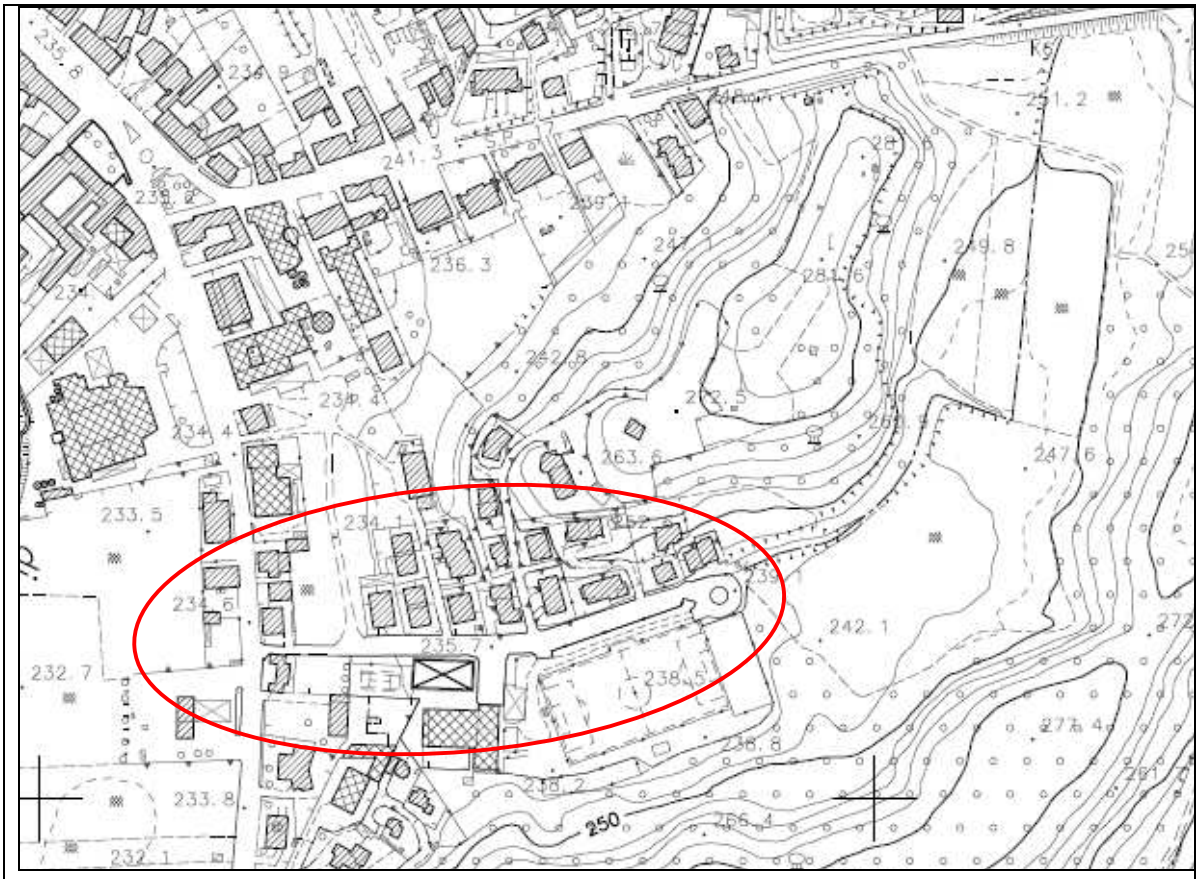
Realizzazione di solettone stradale, larghezza mt 2,50, poggiante su pali di fondazione a grosso diametro compreso scavo, trivellazione pali, cls, ferro d'armatura, casserature puntellanti, riempimento, barriera di protezione stradale, ripristino manto stradale e regimazione acque il tutto ad opera finita. Costo al ML



Codice	Descrizione		L	H	P	Misura	Quantità	Prezzo	Valore
18 A01 B07 005	SCAVO FONDAZIONE		20,00	1,40	2,80	mc	78,40	9,20	721,28
18 A01 D03 010	PALI Ø 800	7,00	7,00	1,00	1,00	ml	49,00	149,81	7340,69
01 A04 B15 010	CLS SOTTOFONDAZIONI		20,00	0,10	2,50	mc	5,00	60,16	300,80
01 A04 B61 005	CLS SOLETTONE		20,00	0,50	2,50	mc	25,00	126,30	3157,50
01 A04 B61 005	CLS MURETTO		20,00	1,00	0,25	mc	5,00	126,30	631,50
01 A04 H10 005	CASSERATURA		20,00	2,50	1,00	mq	50,00	28,17	1408,50
01 A04 F00 015	ACCIAI								
	- pali 50 kg/mc					kg	1160,60	1,41	1636,45
	- solettone 80 kg/mc					kg	2400,00	1,41	3384,00
25 A16 B95 010	BARRIERA PROTEZIONE STRADALE		20,00			ml	20,00	129,47	2589,40
18 A01 E01 005	FONDAZIONE STRADALE		20,00	0,80	2,70	mc	43,20	17,34	749,09
18 A01 E08 005/010	MISTO GRANULARE BITUMATO		20,00	1,00	3,00	mq	60,00	8,87	532,20
	REGIMAZIONE ACQUE		30,00						3000,00
	Totale €								**25451,40**

4.2.2 – Esempio 2

Sigla: Castelnuovo Don Bosco 1
Data sopralluogo: 15/07/2010
Descrizione: fenomeni di allagamento che coinvolgono Via Don Josè Molas e l'impianto sportivo comunale.
Inquadramento geografico: il sito è ubicato in Via don Josè Molas, nel territorio situato ad Est del concentrico di Castelnuovo Don Bosco. 
Localizzazione cartografica:



Stralcio della Carta Tecnica Numerica a scala 1:5.000 (Tav. 156161 Castelnuovo Don Bosco).
Viene indicata in rosso l'area coinvolta dal dissesto in Via Don Molas.

Idrografia: il Rio Valle si sviluppa per circa 2 km (orientato mediamente N-S), con la testata a quota 350 m s.l.m., e risulta intubato a quota 255 m s.l.m. sotto Via Don Molas e la S.P. 16, per tornare a cielo aperto in corrispondenza della confluenza con il T. Traversola. Bacino idrografico: Borbore-Triversa.

Inquadramento geologico:

Stralcio dalla Carta Geologica a scala 1:50.000 (Foglio 156 Torino Est).

Struttura: le formazioni geologiche immergono a basso angolo verso SSW.

Litologia: il membro sabbioso delle Sabbie di Asti (AST_2) affiora estesamente nell'intero bacino del Rio Valle, il suo spessore non è elevato ed in più punti si vede affiorare la sottostante Formazione delle Argille Azzurre (FAA_{9a}). Lungo gli spartiacque della parte alta del bacino si rinvengono lembi siltosi appartenenti al Sintema di Zanco (PLTb). Nella porzione di chiusura del bacino è indicata la presenza di depositi alluvionali quaternari (CSN_3 – Sintema di Palazzolo).

Tipo di suolo associato: C4 – entisuoli di collina a tessitura grossolana

Tessitura Topsoil: FL - FS

Tessitura Subsoil: F – FS

Descrizione del dissesto: in occasione di piogge intense e concentrate nel tempo, la sezione del tratto intubato all'inizio di Via Don Molas, anche in seguito ad occlusione, non riesce a contenere la portata del Rio Valle, con conseguente allagamento della via, della S.P. 16 e di alcuni edifici di civile abitazione, nonché innesco di sovrapressioni nella condotta fognaria con rigurgiti della fognatura stessa (Figg. 1, 2).

L'intero bacino idrografico del Rio valle presenta condizioni di dissesto idrogeologico, come l'erosione superficiale lungo i versanti e il conseguente elevato trasporto solido nel fondovalle (Figg. 3, 4).

Figura 1 – Via Don Molas nel corso di un evento meteorico

Figura 2 – Via Don Molas in occasione di un evento meteorico

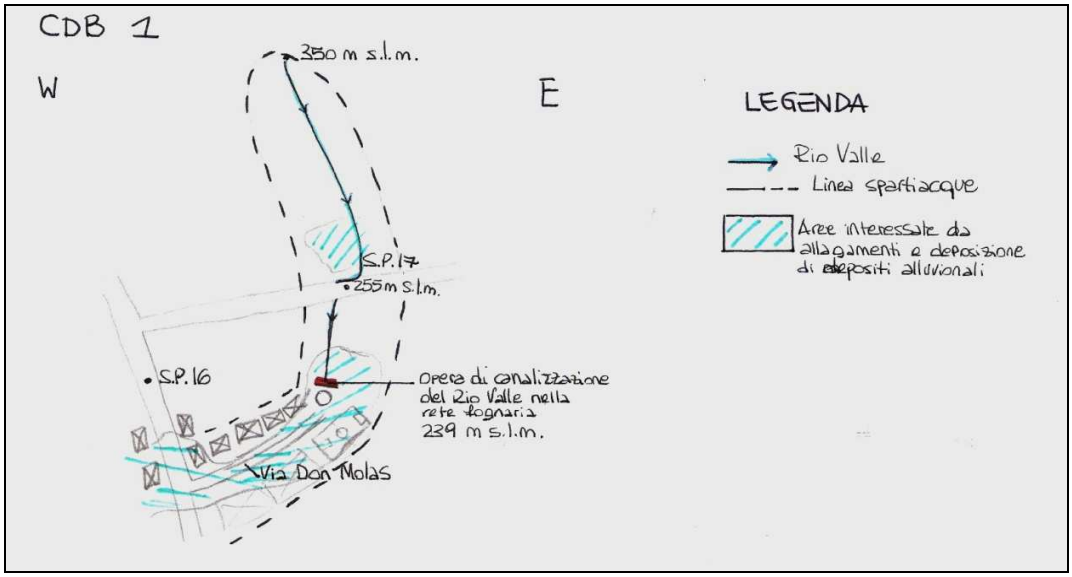


Figura 3 – Sezione schematica interpretativa dell'area coinvolta dal dissesto (non in scala).

Figura 4 – Condizioni di localizzato allagamento a monte della S.P. 17 in occasione delle piogge prolungate di inizio novembre 2011 (foto scattata il 5 novembre 2011).

Data ultima attivazione: marzo 2011.

Cause del dissesto: Errata progettazione della condotta fognaria che attualmente coincide con l'alveo del Rio Valle.

Metodi per la prevenzione del dissesto in oggetto: prevedere interventi di laminazione e sedimentazione delle acque prima dell'imbocco del tratto.

Interventi: E' in previsione la realizzazione di un nuovo alveo del Rio Valle in corrispondenza di Via Don Molas, che verrà realizzato a cielo aperto con un nuovo attraversamento al di sotto della S.P. 16. Il vecchio tracciato del rio verrà mantenuto con funzione esclusiva di fognatura (con recapito in depuratore), mediante chiusura del tratto intubato.

In alternativa era stata ipotizzata la realizzazione di un bacino di laminazione da attuare a monte del tratto intubato al fine di modulare le portate del corso d'acqua rendendole compatibili con la sezione di deflusso del tratto intubato.

Figura 5 – Opera di canalizzazione sotterranea del Rio valle alla data del 15/07/2010.

Figura 6 – Foto dell'opera di canalizzazione del rio Valle alla data del 5 novembre 2011, in occasione di piogge prolungate. Si noti la presenza di due tubazioni di diametro 80 cm con funzione di scolmatori qualora la portata dell'acqua non riuscisse ad essere contenuta dalla rete fognaria

4.3 – Elaborazione e interpretazione dati

Grazie all'utilizzo di un Sistema Informativo Territoriale (Arcview 3.1) per la visualizzazione e la gestione dei dati, è stato possibile realizzare un *database* con alcune informazioni di base, associato alla visualizzazione grafica della distribuzione spaziale georiferita dei dissesti.

L'utilizzo di tale strumento ha permesso di effettuare le elaborazioni seguenti, in termini sia numerici sia spaziali.

Dei 60 dissesti censiti, l'85% è rappresentato da fenomeni franosi, il 15% da fenomeni connessi con l'attività torrentizia (erosioni ed allagamenti). Le **Figure 4.7** e **4.8** mostrano la distribuzione numerica e spaziale dei dissesti, classificandoli sulla base della dinamica del fenomeno.

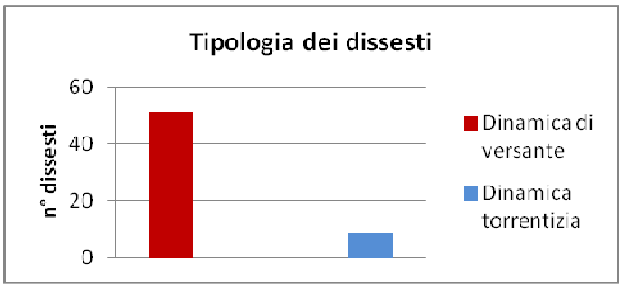


***Figura 4.7** – Tipologia dei dissesti censiti*

Tali tipologie di dissesto verranno esaminate separatamente, dapprima con una breve discussione statistica sui rapporti con la rete stradale coinvolta, col tipo di substrato e delle caratteristiche del suolo interessati, poi verranno analizzati nel dettaglio due di questi casi.

4.3.1 Considerazioni sui dissesti legati alla dinamica di versante

I dissesti legati alla dinamica di versante sono i più numerosi nell'area di studio, e sono rappresentati essenzialmente da scivolamenti della copertura superficiale o della porzione del substrato più corticale. In molti casi i fenomeni franosi evolvono in colate rapide.

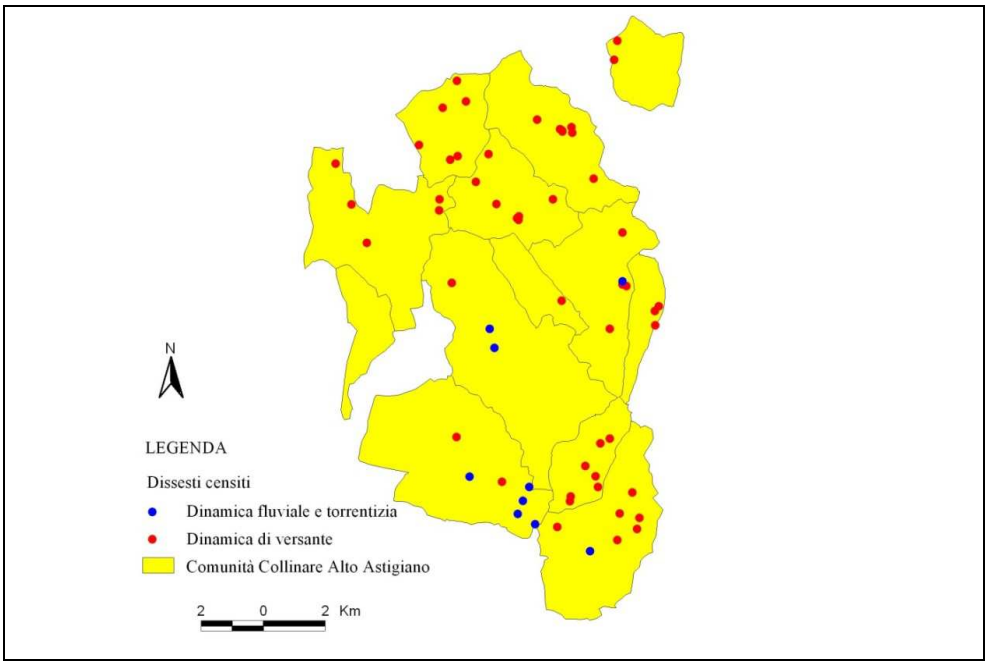


***Figura 4.8** – Distribuzione spaziale dei dissesti classificati sulla base della dinamica di formazione.*

4.3.1.1 Rapporti con la rete stradale

Il censimento è stato rivolto in particolar modo ad osservare i dissesti coinvolgenti le strade di competenza comunale, tuttavia sono stati presi in considerazione anche alcuni casi di dissesto coinvolgenti strade a competenza provinciale poiché considerati rappresentativi e ricorrenti nel territorio.

Dei 51 casi di movimenti franosi considerati 42 coinvolgono strade comunali, 9 strade provinciali (**Fig. 4.9, 4.10**).

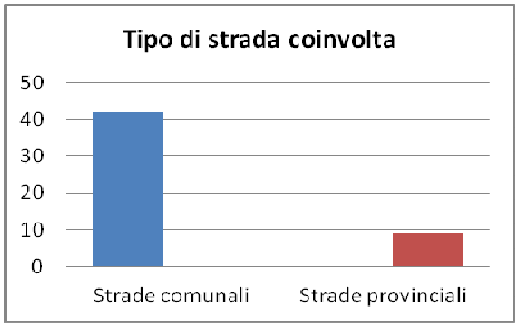


***Figura 4.9** – Tipologia di viabilità coinvolta dai movimenti franosi.*

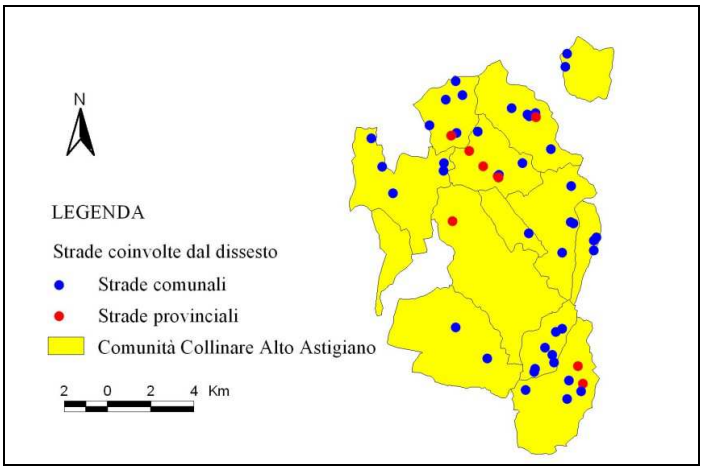


Figura 4.10 *– Distribuzione spaziale sul territorio dei dissesti coinvolgenti le strade provinciali o comunali.*

Queste strade sono perlopiù rappresentate da strade realizzate a mezzacosta, solo in tre casi i dissesti si verificano in corrispondenza di tratti di strada in cresta ai rilievi. Questi casi sono rappresentati dai dissesti CA7 e PA1 coinvolgenti strade comunali, e AL4 coinvolgente la S.P. 78.

Volendo distinguere i dissesti in base alla relazione spaziale col manto stradale, si può operare una semplice distinzione tra quei movimenti che si esplicano:

- a valle strada;
- a monte strada;
- sia a monte che a valle strada.

Come si può vedere in **Figura 4.11**, dei 51 dissesti legati alla dinamica di versante, il 51% interessa le porzioni a valle strada (es. PM2), il 39% è rappresentato da fenomeni gravitativi che si instaurano a monte della strada (es. AL1), solo il 10% è costituito da dissesti che coinvolgono un tratto di strada sia a monte sia a valle (es. AR5). In **Figura 4.12** si riportano le sezioni interpretative relative all'esempio di un dissesto per ogni classe individuata.

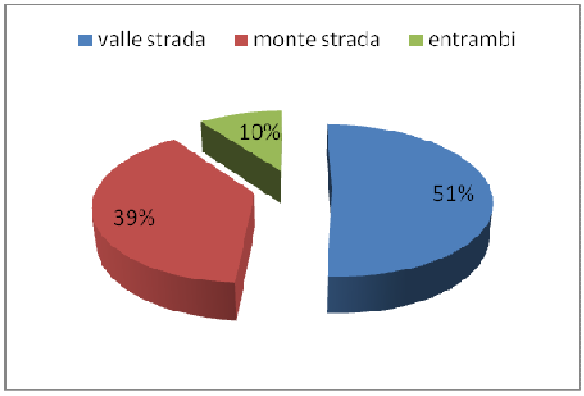


Figura 4.11 *– Rappresentazione tramite un diagramma a torta delle percentuali di dissesti che si instaurano a valle della strada, a monte della strada o che la coinvolgono sia a monte sia a valle.*

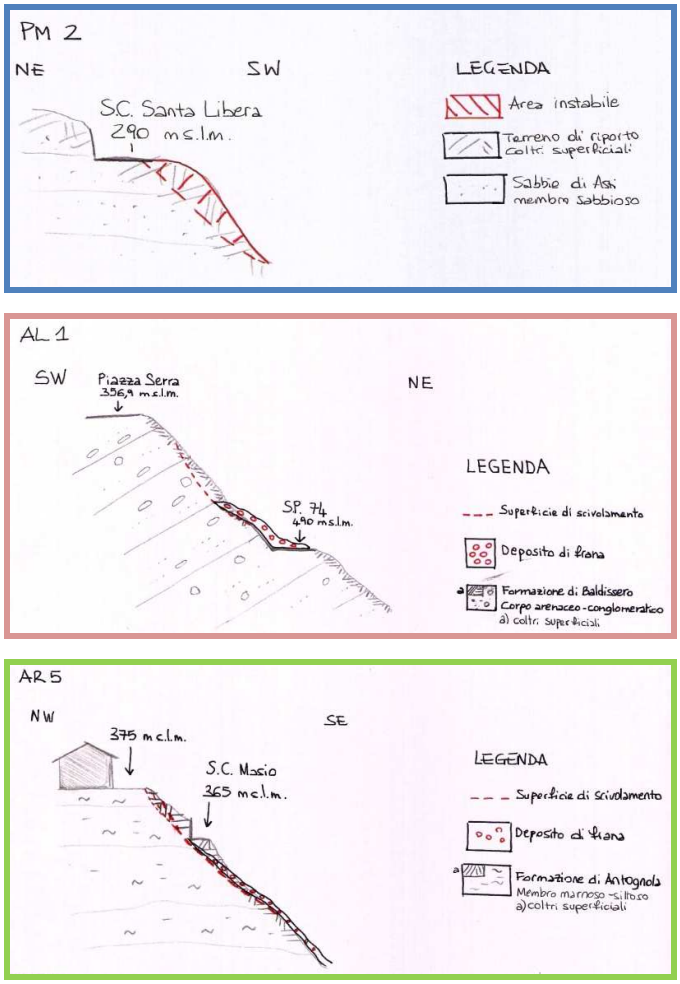


Figura 4.12 *– Tipologie di relazioni spaziali dei dissesti rispetto alle strade. Con 25 casi su 51, prevalgono i dissesti che si instaurano a valle della strada, seguiti dai 19 casi di dissesto che interessano i pendii soprastanti le strade. Solo 5 casi interessano sia a monte sia a valle il tratto stradale. Vengono riportati di esempio gli schemi interpretativi relativi ai dissesti PM1, AL1, AR5, rappresentativi di ciascuna classe.*

4.3.1.2 – Fattori predisponenti e scatenanti

Il Manuale d'Uso del Suolo ha la finalità di prevenire il dissesto idrogeologico e pertanto, nel corso del presente studio, sono stati approfonditi tutti gli elementi alla base dell'innesco dei fenomeni franosi, con particolare attenzione alle criticità innescate dall'attività antropica, per le quali è possibile intervenire direttamente.

I movimenti franosi si verificano in una determinata area per effetto della concomitanza di diversi fattori sfavorevoli alla stabilità di un versante; appare quindi evidente che la determinazione ed il controllo di tali fattori aiuta ad evitare il ripetersi degli eventi negativi che generano danno all'uomo.

I fattori da tenere sotto controllo sul territorio sono numerosissimi e riguardano diversi aspetti (naturali, antropici, geologici, ecc.); alcuni di essi risultano caratteristici di un versante e rimangono invariati nel corso del tempo, altri invece devono essere soggetti a controlli periodici al fine di non introdurre elementi di criticità in grado di innescare i fenomeni franosi.

Vengono di seguito riportati i principali fattori predisponenti ed i fattori scatenanti i fenomeni franosi, caratteristici del territorio dell'Unione Collinare Alto Astigiano:

<u>Fattori predisponenti</u>

- fattori geologici ovvero riguardanti il tipo di substrato che costituisce l'area di interesse, sia in affioramento che in profondità, e le caratteristiche litologiche delle coltri di copertura superficiale ;
- fattori idrogeologici quali la permeabilità dei litotipi del substrato (e delle coltri di copertura superficiale) che condizionano il tipo di circolazione idrica superficiale e sotterranea; quest'ultimo fattore risulta essere in assoluto uno dei più importanti in quanto la circolazione delle acque sotterranee è collegata all'entità ed alla distribuzione delle pressioni neutre che sono spesso causa dei fenomeni franosi;
- fattori morfologici, ovvero le pendenze dei versanti dell'area di interesse, che rivestono particolare importanza, poiché la forza che permette il movimento della frana è quella di gravità, per cui tanto più è inclinata la superficie topografica, tanto maggiore è l'instabilità (in quanto determina l'aumento della sollecitazione al taglio applicata al versante) e la velocità con la quale il movimento franoso si esplicherà;

- fattori strutturali quali la presenza o meno di fratture o faglie, superfici di stratificazione, ed orientazione degli strati del substrato in relazione alla superficie topografica;
- fattori geologico-tecnici ovvero le caratteristiche geomeccaniche dei litotipi affioranti, misurabili mediante indagini in situ o prove in laboratorio, che forniscono indicazioni circa le resistenze alle sollecitazioni di taglio offerte dalle rocce agli sforzi direzionali;
- fattori climatici e vegetazionali che svolgono un ruolo determinante nell'innesco dei fenomeni franosi, soprattutto nei climi dove si alternano lunghe stagioni secche a periodi di intensa e/o prolungata piovosità. Ciò può comportare sia variazioni di portata della rete drenante superficiale con incrementi delle azioni erosive, sia innalzamenti delle superfici libere delle falde acquifere sotterranee, con effetti particolarmente negativi, soprattutto quando le falde sono prossime alla superficie topografica. Per quanto concerne poi la vegetazione, una estesa copertura boschiva, se correttamente mantenuta, costituisce un naturale ostacolo all'azione degli agenti atmosferici;
- fattori antropici ovvero legati all'azione dell'uomo. Le azioni antropiche, siano esse attive quali gli scavi, gli appesantimenti dei versanti o i disboscamenti, siano esse passive, quali l'abbandono delle terre, svolgono un ruolo di accelerazione dei processi morfogenetici, provocando reazioni fino alla rapida alterazione degli equilibri naturali. La presenza di infrastrutture costituisce inoltre una perturbazione nella regimazione delle acque di un versante che, qualora non siano previsti e mantenuti idonei sistemi di regimazione delle acque superficiali, è alla base dell'innesco di fenomeni dissestivi di varia natura.

<u>Fattori scatenanti</u>

- I fattori scatenanti più frequenti sono rappresentati da eventi meteorici, repentino scioglimento delle nevi, fenomeni di erosione accelerata, scalzamento al piede dei versanti, ecc. In particolare l'acqua costituisce il principale fattore scatenante i fenomeni franosi. In caso di eventi meteorici infatti l'acqua determina la progressiva saturazione dei terreni con conseguente aumento del carico sul versante (e

conseguente incremento degli sforzi di taglio) e, contestualmente, lo scadimento dei parametri geomeccanici dei terreni (con riduzione della resistenza al taglio).

Per acquisire informazioni circa i fattori predisponenti i dissesti lungo la viabilità, sono stati analizzati nel dettaglio i fenomeni franosi rilevati e per i quali sono state realizzate le schede descrittive. Questa documentazione è stata integrata con i dati disponibili presso il Settore OO.PP. di Asti della Regione Piemonte, dell'Università degli Studi di Torino – Dipartimento Scienze della Terra e dell'Unione Collinare.

Lo studio si è concentrato quindi sulle cause predisponenti i fenomeni franosi che coinvolgono direttamente la sede stradale. Si tratta di una tipologia di dissesto diffusa in modo sistematico sul territorio dell'Unione Collinare che, seppur prevalentemente costituita da fenomeni puntuali, presenta un fortissimo impatto economico e sociale sul territorio, in quanto comporta l'interruzione della viabilità o limitazioni all'uso dell'infrastruttura stessa.

Lo studio si è concentrato, come detto, sull'individuazione degli elementi antropici predisponenti l'innesco dei fenomeni franosi lungo la viabilità, tralasciando i fattori "naturali" indipendenti dall'azione umana e peculiari del territorio considerato.

Per lo sviluppo dello studio, sono stati analizzati 217 fenomeni franosi che hanno interessato la viabilità secondaria. Di questi fenomeni, una prima analisi ha consentito di separare quelle frane che hanno comportato il cedimento della sede viaria da quelle che hanno coinvolto la stessa mediante cinematismi riconducibili al versante posto a monte.

Le frane che hanno determinato il cedimento strutturale della sede viaria rappresentano circa il 70% del campione esaminato (151 frane).

4.3.1.3 - – Elementi di vulnerabilità della rete infrastrutturale secondaria e possibili interventi di prevenzione

L'analisi del campione considerato ha consentito di individuare le cause ricorrenti all'origine dell'innesco dei fenomeni franosi che hanno coinvolto la viabilità secondaria.

Verranno di seguito analizzati i principali elementi di vulnerabilità individuando le ragioni dell'incremento delle criticità e le soluzioni e gli accorgimenti tecnici necessari per la mitigazione degli stessi. Viene inoltre riportata una categoria denominata "altre cause" in cui

sono riportati, sempre in relazione al campione analizzato, i fenomeni franosi non direttamente riconducibili agli elementi individuati.

Errata pendenza della sede viaria

In molte strade rilevate, la sede stradale presenta pendenza dell'asse viario verso valle. Dall'analisi effettuata è emerso come questa situazione risulti ricorrente, anche in casi di recente riasfaltatura.

Si rileva come una pendenza verso valle della sede stradale abbia come conseguenza diretta il convogliamento delle acque meteoriche sul ciglio di valle della carreggiata (**Figg. 4.13 a, b, c, d**).

***Figura 4.13 a** – Fenomeni dissestivi riconducibili a cedimenti di ciglio della sede stradale imputabili ad errata pendenza della sede stradale stessa (dicembre 2008).*

***Figura 4.13 b** – Fenomeni dissestivi riconducibili a cedimenti di ciglio della sede stradale imputabili ad errata pendenza della sede stradale stessa (dicembre 2008).*

***Figura 4.13 c** – Fenomeni dissestivi riconducibili a cedimenti di ciglio della sede stradale imputabili ad errata pendenza della sede stradale stessa (aprile 2009).*

***Figura 4.13 d** – Fenomeni dissestivi riconducibili a cedimenti di ciglio della sede stradale imputabili ad errata pendenza della sede stradale stessa (aprile 2009).*

Considerate le caratteristiche costruttive delle strade, realizzate mediante sbancamento parziale del versante e riporto del terreno mobilizzato a valle (parte della sede stradale è quindi impostata sul substrato e parte su materiale di riporto), i cigli costituiscono un punto di debolezza intrinseco.

E' pertanto intuibile come la concentrazione di acque meteoriche in questo settore accentui i fenomeni di saturazione delle coperture superficiali con incremento del rischio di cedimenti

delle coperture stesse e/o innesco di fenomeni dissestivi riconducibili a frane per saturazione e fluidificazione.

Si consiglia pertanto di intervenire, in occasione di riasfaltature del manto stradale o in settori particolarmente vulnerabili, avendo cura di riprofilare la sede stradale con pendenza verso monte.

Sottodimensionamento o assenza delle opere di raccolta e smaltimento delle acque

Le infrastrutture stradali risultano spesso prive di adeguati sistemi di regimazione delle acque superficiali, anche in contesti vulnerabili e potenzialmente soggetti all'innesco di fenomeni franosi. In occasione di eventi meteorici le acque superficiali tendono pertanto a ruscellare sulla sede stradale per concentrarsi, in funzione della pendenza della sede stradale (verso valle o situazioni di pendenze convergenti es. "corde molli"), lungo i versanti.

In queste situazioni, che caratterizzano prevalentemente le strade secondarie, si rende necessaria un'analisi dell'infrastruttura in relazione al contesto geomorfologico, individuando le soluzioni tecniche necessarie (fossi lato strada, caditoie, ecc. – **Figg. 4.14 a, b**) per una corretta regimazione delle acque superficiali.

***Figura 4.14 a** – Fenomeni franosi imputabili all'assenza di un sistema di regimazione acque meteoriche lungo la sede stradale (aprile 2009).*

Si rileva come la scelta progettuale delle opere di regimazione debba necessariamente tenere conto della sostenibilità dei periodici interventi di manutenzione, indispensabili per garantire l'officiosità nel tempo delle opere stesse.

***Figura 4.14 b** – Fenomeni franosi imputabili all'assenza di un sistema di regimazione acque meteoriche lungo la sede stradale (aprile 2009).*

Tubazioni di scarico delle acque della sede stradale o di altra origine non adeguatamente prolungate a valle o verso idonei ricettori

I sistemi di regimazione delle acque lungo le infrastrutture viarie sono caratterizzati dalla presenza di scarichi, generalmente in corrispondenza di impluvi, che consentono di regolare la portata idraulica delle opere di raccolta delle acque superficiali. Questi scarichi sono generalmente costituiti da tubazioni che by-passano la sede stradale e convogliano le acque pochi metri a valle della sede stradale, lungo i versanti sottostanti.

***Figura 4.15 a** – Fenomeni franosi che hanno interessato la sede stradale imputabili a tubazioni non sufficientemente prolungate verso valle (aprile 2009).*

Questa situazione determina l'innesco di criticità di varia natura lungo i versanti. In primo luogo le acque concentrate originano fenomeni di ruscellamento con formazione di profonde incisioni a carattere regressivo in grado di coinvolgere la sede stradale.

In seconda analisi gli scarichi a ridosso dell'infrastruttura determinano la rapida saturazione delle coltri di copertura superficiale con sviluppo di frane per saturazione e fluidificazione (**Figg. 4.15 a, b, c, d**);

***Figura 4.15 b** – Fenomeni franosi che hanno interessato la sede stradale imputabili a tubazioni non sufficientemente prolungate verso valle (aprile 2009).*

***Figura 4.15 c** – Fenomeni franosi che hanno interessato la sede stradale imputabili a tubazioni non sufficientemente prolungate verso valle (aprile 2009).*

Si rende pertanto necessario il censimento degli scarichi (in molti casi se ne è persa la memoria) ed il loro prolungamento a valle mediante tubazioni flessibili (es. corrugati),

eventualmente associato ad opere per la dissipazione dell'energia (pozzetti, gabbioni circolari, ecc.).

***Figura 4.15 d** – Fenomeni franosi che hanno interessato la sede stradale imputabili a tubazioni non sufficientemente prolungate verso valle (aprile 2009).*

<u>Problematiche connesse alla scarsa o assente manutenzione dei sistemi di regimazione delle acque</u>

I sistemi di regimazione delle acque meteoriche presenti lungo le infrastrutture viarie necessitano, nella maggior parte dei casi, di una periodica manutenzione al fine di garantirne l'officiosità nel tempo.

In assenza di manutenzione le acque superficiali sfuggono dal controllo imposto e ruscellano sui versanti con conseguente rischio di innesco di fenomeni dissestivi (**Fig. 4.16**);

Anche in questo caso si ribadisce come la scelta della tipologia dell'intervento di regimazione debba essere effettuata anche sulla base della possibilità di effettuare agevolmente ed in modo funzionale la manutenzione dell'opera stessa.

Figura 4.16 *– Cedimento del ciglio imputabile alla scarsa manutenzione del fosso posto a monte della sede stradale, associata ad errata pendenza della stessa (aprile 2009).*

<u>Occlusione dei sistemi di regimazione delle acque lungo l'infrastruttura (fossi stradali, griglie, pozzetti, ecc) per dissesti lungo la scarpata di monte</u>

Questa casistica è stata individuata in quanto evidenzia la complessità dell'argomento trattato e l'estrema vulnerabilità dei sistemi di regimazione delle acque meteoriche presenti nei territori collinari.

In particolare lo studio effettuato ha consentito di evidenziare come anche modesti cedimenti in corrispondenza della scarpata di monte della sede stradale possano interferire con la regimazione delle acque superficiali e risultino concausa per l'innesco di fenomeni franosi (**Figg 4.17 a, b**).

Figura 4.17 a *– Cedimento di ciglio di valle della sede stradale imputabili all'occlusione del fosso di monte per smottamenti della scarpata e veicolazione degli scoli verso il ciglio, anche a causa di una non corretta pendenza della sede viaria (aprile 2009).*

Figura 4.17 b *– Cedimento di ciglio di valle della sede stradale imputabili all'occlusione del fosso di monte per smottamenti della scarpata e veicolazione degli scoli verso il ciglio, anche a causa di una non corretta pendenza della sede viaria (aprile 2009).*

<u>Perdite delle reti acquedottistiche o delle condotte fognarie</u>

Le perdite dalle reti acquedottistiche o dalle condotte fognarie costituiscono un elemento di forte criticità per le infrastrutture. Le perdite sono infatti difficilmente individuabili e determinano la saturazione delle coltri di copertura superficiale. In caso di evento meteorico i versanti risultano pertanto fortemente vulnerabili con elevato rischio di innesco di fenomeni franosi complessi ed estesi (**Figg 4.18 a, b**)

Si raccomanda pertanto di verificare con attenzione la presenza di emergenze idriche anomale e di richiedere all'Ente gestore controlli della perfetta tenuta delle condotte.

Figura 4.18 a *– Collasso della sede stradale in seguito a perdita di una condotta acquedottistica (dicembre 2008).*

Figura 4.18 b *– Collasso della sede stradale in seguito a perdita di una condotta acquedottistica (dicembre 2008).*

Altre cause

In molti casi le cause dell'innesco dei fenomeni franosi non sono direttamente riconducibili alle voci precedenti, ma sono riferibili a movimenti gravitativi che interessano estesamente il versante, in cui l'influenza dell'infrastruttura viaria è modesta se non addirittura trascurabile (**Figg. 4.19 a, b, c, d**).

Figura 4.19 a *– Frana per saturazione e fluidificazione innescata per scalzamento al piede del versante ad opera di un corso d'acqua (dicembre 2008).*

Figura 4.19 b *- Fenomeno franoso originato dal cedimento di una cavità antropica storica (aprile 2009).*

Figura 4.19 c *- Esteso fenomeno franoso rotazionale (febbraio 2009).*

Figura 4.19 d *- Esteso fenomeno franoso rotatraslativo (aprile 2009).*

Inoltre, in questa categoria rientrano anche le seguenti cause:

- erosioni al piede del corpo stradale, imputabili all'azione di corsi d'acqua;
- ruscellamenti concentrati dovuti ad errata gestione delle acque meteoriche raccolte da opere di consolidamento esistenti (in genere solette stradali o muri di contenimento;
- cedimento o ammaloramento di opere di sistemazione, sovente vetuste o non soggette a regolare manutenzione;
- sfornellamenti di cavità di origine antropica poste sotto il corpo stradale, con conseguente cedimento della sede viaria;
- arretramento di testate di impluvi a forte pendenza per erosione regressiva.

4.3.1.4 - Incidenza degli elementi di vulnerabilità individuati

A seguito della raccolta dei dati si è proceduto alla loro elaborazione mediante foglio di calcolo MS Excel®, appositamente realizzato, al fine di ottenere le percentuali di incidenza degli elementi di vulnerabilità individuati, in relazione al campione considerato. Si è pertanto giunti ai risultati riportati nella **Tabella 4.4** e in **Figura 4.20**, che consentono di apprezzare l'incidenza percentuale dei diversi fattori.

Tabella 4.4 - *Incidenza percentuale degli elementi di vulnerabilità individuati sui dissesti presi in esame (campione di 151 frane).*

Elementi di vulnerabilità	Incidenza percentuale
Errata pendenza della sede viaria	36%
Sottodimensionamento o assenza delle opere di raccolta e smaltimento delle acque	27%
Tubazioni di scarico delle acque della sede stradale o di altra origine non adeguatamente prolungate	6%
Occlusione dei sistemi di regimazione delle acque lungo l'infrastruttura per dissesti lungo la scarpata di monte	4%
Problematiche connesse alla scarsa o assente manutenzione dei sistemi di regimazione delle acque	1%
Perdite delle reti acquedottistiche o delle condotte fognarie	3%
Altro	23%

Si nota come l'errata pendenza della sede stradale, così come il sottodimensionamento o la non corretta progettazione delle opere di raccolta delle acque meteoriche, rappresentino i fattori principali di dissesto, risultando responsabili di oltre il 60% dei fenomeni franosi che hanno coinvolto la sede stradale.

Occorre considerare, comunque, che questi elementi di vulnerabilità si inseriscono nel contesto di fattori predisponenti descritti in precedenza.

Emerge pertanto come l'attenzione nella regimazione delle acque superficiali sia fondamentale per una gestione sostenibile delle infrastrutture viarie.

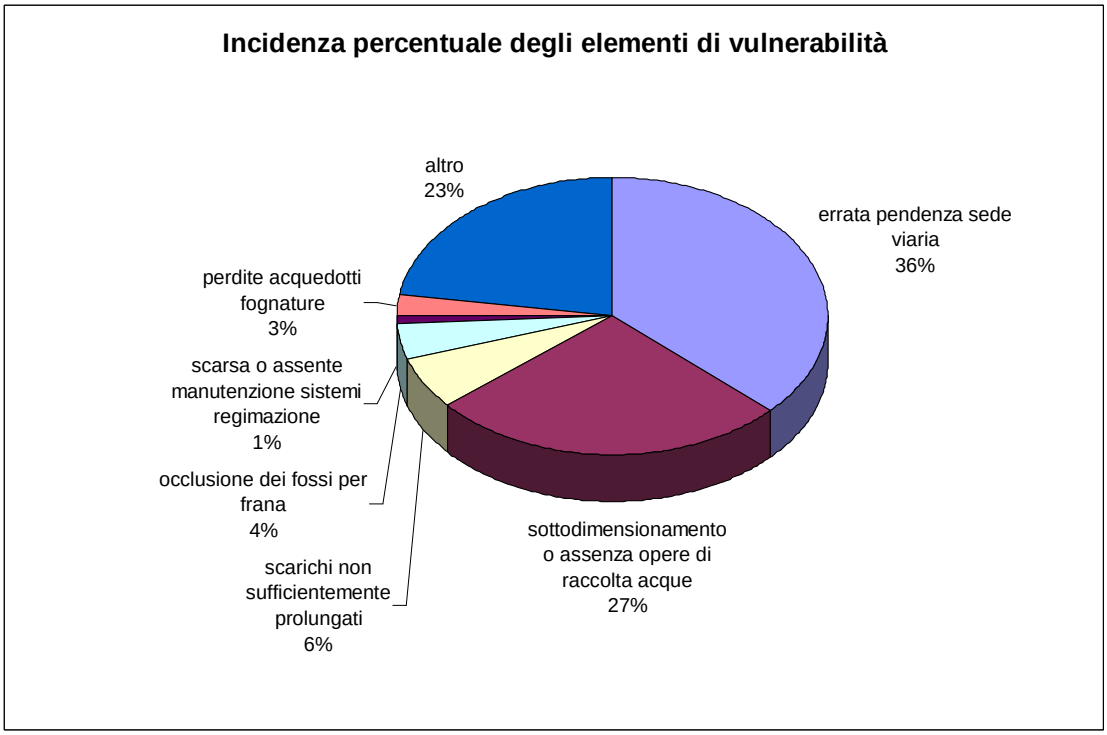


Figura 4.20 *– Rappresentazione grafica dell'incidenza percentuale degli elementi di vulnerabilità individuati (su un campione di 151 frane esaminate)*

4.3.1.5 –Incidenza dell'uso del suolo

Il territorio dell'Unione Collinare Alto Astigiano è da sempre caratterizzato da un'ampia ed intensa utilizzazione del suolo, che fino alla metà del secolo scorso ha determinato la coltivazione della gran parte del territorio disponibile, compresi anche i settori fortemente acclivi, aree impluviali, ecc.

Per rendere sostenibile la gestione del territorio si era creato un equilibrio artificioso, mantenuto con una costante, capillare ed oculata opera degli agricoltori e delle popolazioni collinari.

Le attività erano costituite dalla realizzazione e dal mantenimento di opere di sistemazione idraulico – agraria quali terrazzamenti, gradonamenti, muretti a secco, reti idriche di dettaglio, drenaggi, ecc, associate ad un'attenta scelta delle tipologie colturali (colture con basso grado di specializzazione, non monocolture).

Gli obiettivi degli interventi di sistemazione idraulico – agraria erano quelli di contenere l'erosione del suolo (limitando quindi i fenomeni di ruscellamento concentrato e diffuso),

rendendola compatibile e non superiore al naturale rinnovamento del suolo stesso originato dai processi pedogenetici.

Tali interventi avevano la finalità di consentire una maggiore infiltrazione delle acque meteoriche, ridurre le velocità di ruscellamento, intercettare e canalizzare in idonei recapiti le acque di deflusso superficiale ed evitare ristagni.

A partire dal secondo dopoguerra si è registrato il progressivo abbandono delle campagne ed in particolare di quelle porzioni di territorio difficilmente accessibili con i mezzi meccanici o poco produttive dal punto di vista agricolo. In particolare sono state abbandonate le aree collinari ubicate su versanti fortemente acclivi, quindi particolarmente soggette all'azione degli agenti esogeni.

Questa situazione è stata ulteriormente aggravata dalla meccanizzazione dell'agricoltura che ha determinato la perdita e l'abbandono delle sistemazioni idraulico – agrarie diffuse sul territorio che avevano garantito un equilibrio tra le attività agricole e l'equilibrio idrogeologico del territorio stesso.

La ricerca di superfici coltivabili sempre più estese, che consentissero un più agevole e redditizio uso dei mezzi meccanici, ha inoltre obliterato i sistemi capillari di regimazione delle acque superficiali.

Le situazioni nelle quali erano state mantenute le opere di sistemazione idraulico – forestali, sono state progressivamente abbandonate in seguito agli alti costi di manutenzione e gestione, con conseguente degradazione e perdita della funzionalità delle opere stesse.

Conseguenza diretta di questi cambiamenti è stato l'incremento dei processi di dissesto idrogeologico sul territorio collinare, quali l'instabilità dei versanti ed i fenomeni di erosione superficiale.

Gli effetti si sono inoltre registrati anche nelle aree di fondovalle e di pianura con drastico aumento dei deflussi idrici dei corsi d'acqua e dei fenomeni di trasporto solido.

Negli ultimi anni è maturata la consapevolezza dell'importanza di una gestione sostenibile del territorio, in grado di mantenere un equilibrio tra le necessità delle produzioni agricole e la conservazione dell'equilibrio idrogeologico del territorio stesso.

Vengono di seguito proposte alcune pratiche agricole attuabili sul territorio dell'Unione Collinare Alto Astigiano, in grado di limitare i fenomeni dissestivi.

Questi accorgimenti sono di differente tipologia e non richiedono tecniche particolarmente complesse ed artificiose; alcuni interventi risultano infatti poco onerosi dal punto di vista realizzativo e gestionale e coincidono con “vecchi modi” di fare agricoltura, che possono essere riproposti anche con i moderni schemi produttivi.

- Le lavorazioni e le semine lungo le curve di livello (giropoggio) sono maggiormente efficaci rispetto a quelle eseguite nel senso della massima pendenza (rittochino). Questo in quanto limitano i fenomeni di erosione superficiale, i fenomeni di trasporto solido (e conseguentemente la perdita del suolo) e, conseguentemente, il dissesto idrogeologico;
- L’utilizzo di colture foraggere (piante erbacee) in rotazione o come colture permanenti (prati) limitano i fenomeni di erosione superficiale. Le rotazioni colturali inoltre producono numerosi effetti che vanno dall’aumento della sostanza organica, al miglioramento della disponibilità di nutrienti e di acqua, dal controllo dei fitofagi alla limitazione dello sviluppo di infestanti, al controllo della dinamica delle malattie, all’inibizione o promozione della sostanza organica nel suolo;
- Il mantenimento costante di una copertura vegetale, anche durante la stagione invernale, consente di limitare fortemente i processi di erosione superficiale.
- La consociazione di due colture seminate a fasce, con andamento trasversale alle linee di massima pendenza può ulteriormente limitare i fenomeni di erosione superficiale. L’efficacia delle colture a fasce dipende essenzialmente dalla tipologia delle colture utilizzate e dalla disposizione lungo il versante. Gli effetti maggiormente conservativi si ottengono quando le colture maggiormente protettive (prati), sono disposte nella parte bassa dei versanti in modo da frenare la velocità dell’acqua e consentire il deposito dell’eventuale trasporto solido.
- L’adozione di fasce di vegetazione lungo i bordi dei fondi (siepi ed alberature), che nei contesti collinari devono essere disposte trasversalmente rispetto alle linee di massima pendenza, interrompono i processi di ruscellamento superficiale e trattengono il trasporto solido. Queste fasce riducono inoltre la perdita di elementi nutritivi.

- La realizzazione ed il mantenimento di opere di ingegneria agraria, quali reti scolanti, fossi, strade fosso livellari, terrazzamenti, gradonamenti, ciglionamenti ecc, risulta estremamente utile al fine di contenere i fenomeni di dilavamento superficiale in quanto riducono le pendenze e la capacità erosiva delle acque di ruscellamento. Si rileva come dette sistemazioni idraulico – agrarie abbiano efficacia sia per la stabilizzazione dei versanti che per la laminazione dei deflussi, con conseguente mitigazione dei processi lungo il reticolo idrografico.
- L'utilizzo di inerbimenti tecnici in campo agricolo, come ad esempio nei vigneti (**Fig. 4.21**), unisce indubbi vantaggi per l'equilibrio idrogeologico del territorio al miglioramento della qualità del terreno. Si rileva come in alcuni contesti gli inerbimenti, in occasione di periodi particolarmente siccitosi, possano entrare in competizione con le piante di vite.

***Figura 4.21** – Versante coltivato a vite con suolo in parte nudo e in parte inerbito per la mitigazione dell'erosione*

4.3.1.6 – Tipologia interventi di consolidamento e costi (frane)

Vengono di seguito descritte le opere di consolidamento utilizzate con maggiore frequenza lungo le infrastrutture viarie del territorio dell'Unione Collinare Alto Astigiano. Si premette che quest'analisi non contempla tutte le possibili soluzioni progettuali potenzialmente applicabili, ma analizza in modo critico le opere utilizzate con maggiore frequenza sul territorio in esame.

Si rileva inoltre come le tipologie di intervento descritte siano utilizzate da diversi anni dal Settore OO.PP. e Difesa Assetto Idrogeologico decentrato di Asti della Regione Piemonte, che ne ha pertanto attestato l'efficacia e la durabilità nel tempo.

Prima di entrare nel dettaglio delle scelte tecniche bisogna premettere che ogni tipologia di intervento proposta dovrà necessariamente essere dimensionata nel dettaglio da tecnici abilitati, in modo da inserirla nel contesto locale e dimensionarla in funzione delle caratteristiche dei litotipi affioranti, del contesto geomorfologico e delle criticità riscontrate.

In ultima analisi è ancora importante rammentare come la quasi totalità delle sedi stradali situate in contesti collinari risultino realizzate per sbancamento del versante e riporto a valle del materiale di risulta. Ne emerge un quadro articolato con parte della carreggiata impostata sul substrato, e quindi generalmente stabile, e parte impostata su materiali di riporto e pertanto vulnerabile in quanto potenzialmente soggetto a cedimenti e/o innesco di fenomeni franosi superficiali (descritti in precedenza). Si rileva inoltre come la vulnerabilità delle porzioni di valle delle sedi stradali si sia acuita negli ultimi decenni in seguito al transito di mezzi pesanti.

Il quadro delineato evidenzia quindi come gran parte dei dissesti che interessano la viabilità coinvolga la porzione di valle della sede stradale, impostata su terreni di riporto.

Verranno di seguito riportati i computi metrici unitari di alcuni interventi di consolidamento, fornendo indicazioni circa la loro applicabilità ed evidenziando gli aspetti positivi e negativi delle soluzioni tecniche proposte. Si specifica come i costi unitari siano indicativi e possano subire delle sensibili modifiche in funzione delle valutazioni dei progettisti incaricati.

4.3.1.6 1 – Cordolo in c.a. fondato su pali trivellati a grande diametro

<u>Utilizzo</u>

Vengono abitualmente utilizzati in caso di cedimento marginale del ciglio di valle della carreggiata e consentono di consolidare la sede stradale. L'opera è fondata su di un'unica fila di pali la cui tipologia può variare in funzione delle caratteristiche del substrato. Negli schemi allegati sono previsti pali trivellati a grande diametro, che forniscono ottime garanzie tecniche ed un costo sostenibile. In relazione alle caratteristiche geotecniche e litostratigrafiche del sito è possibile prevedere l'intirantatura dell'opera.

Si consiglia di dimensionare l'altezza del muro - cordolo in funzione dello spessore dei terreni di copertura/riporto, in modo da limitare il rischio di innesco di fenomeni di scalzamento al piede dell'opera.

Aspetti positivi

Intervento poco invasivo (920 e 940€/m indicativo per le soluzioni proposte - prezziario della Regione Piemonte – anno 2011) che offre ottime garanzie di tenuta ed è realizzabile in tempi brevi, quasi sempre senza interruzione della viabilità.

Aspetti negativi

L'opera è potenzialmente soggetta a fenomeni di scalzamento al piede e denudamento dei pali, in caso di presenza di potenti coltri di terreni di copertura (superiori a 3 – 4 m). Questa criticità può essere ovviata prevedendo la posa di una rete metallica antierosiva (o opera confrontabile) lungo il versante posto a valle dell'intervento. La rete dovrà essere ancorata al muro – cordolo, debitamente picchettata ed eventualmente associata alla posa di juta preseminata (o sistema confrontabile).

Accorgimenti tecnici

Il cordolo dovrà essere rialzato di almeno 10 cm rispetto alla sede stradale in modo da limitare il ruscellamento delle acque superficiali lungo il versante (con rischio di denudamento delle fondazioni indirette). Al termine del cordolo (verso valle) dovrà essere previsto un pozzetto di raccolta e smaltimento delle acque superficiali. Quest'ultimo accorgimento (pozzetto) potrà essere evitato qualora la sede stradale presenti un'adeguata pendenza verso monte.

4.3.1.6 2 – Soletta in c.a. (1.50<L<2.50m) fondata su pali trivellati a grande diametro

Utilizzo

Vengono abitualmente utilizzate in caso di ampi cedimenti della carreggiata e/o in caso di rischio di svuotamento/collasso della sede stradale. L'intervento è inoltre consigliato laddove il versante sottostante l'infrastruttura presenti forte acclività. Questa soluzione tecnica è stata ampiamente utilizzata dal Settore OO.PP. e Difesa Assetto Idrogeologico Decentrato di Asti della Regione Piemonte ed ha fornito garanzie del tutto soddisfacenti in termini di efficacia e durabilità. L'opera può essere fondata su di un'unica fila di pali o su due ordini di pali disposti a quinquonce, laddove sia richiesta una maggiore resistenza al ribaltamento.

La cui tipologia dei pali può variare in funzione delle caratteristiche del substrato. Nei casi riportati sono previsti pali trivellati a grande diametro, che forniscono ottime garanzie tecniche ed un costo sostenibile. In relazione alle caratteristiche geotecniche e litostratigrafiche del sito è possibile prevedere l'intirantatura dell'opera.

In passato le solette in c.a. erano realizzate al piano strada, mentre attualmente l'estradosso della soletta è posto ad una profondità maggiore (0.80 – 1.50 m dal piano strada) al fine di immorsare meglio l'opera e limitare il rischio di denudamento delle fondazioni indirette.

Aspetti positivi

Intervento mediamente invasivo (1280 – 1340 – 1630 – 2100€/m €/m indicativo per le soluzioni proposte - prezziario della Regione Piemonte – anno 2011) che offre ottime garanzie di tenuta ed è realizzabile in tempi brevi.

Aspetti negativi

La realizzazione di quest'opera richiede in alcuni casi la chiusura della sede stradale (spesso già chiusa in seguito all'innesco del fenomeno franoso).

L'opera può occasionalmente essere soggetta a fenomeni di scalzamento al piede e denudamento dei pali. Qualora se ne ravvisi la necessità si consiglia di intervenire prevedendo la posa di una rete metallica antierosiva (o opera confrontabile) lungo il versante posto a valle dell'intervento. La rete dovrà essere ancorata al muro – cordolo, debitamente picchettata ed eventualmente associata alla posa di juta preseminata (o sistema confrontabile).

Accorgimenti tecnici

Si consiglia di rialzare il bordo esterno della soletta di almeno 10 cm rispetto alla sede stradale in modo da limitare il ruscellamento delle acque superficiali lungo il versante (con

rischio di denudamento delle fondazioni indirette). Al termine dell'opera (verso valle) dovrà essere previsto un pozzetto di raccolta e smaltimento delle acque superficiali. Quest'ultimo accorgimento (pozzetto) potrà essere evitato qualora la sede stradale presenti un'adeguata pendenza verso monte.

4.3.1.6.3 – Solettone in c.a. (3.00<L<4.50m) fondato su pali trivellati a grande diametro

Utilizzo

Vengono abitualmente utilizzati in caso di collasso/svuotamento della carreggiata in seguito a fenomeni dissestivi. L'opera è generalmente fondata su due ordini di pali disposti a quinquonce.

La cui tipologia dei pali può variare in funzione delle caratteristiche del substrato. In questo caso sono previsti pali trivellati a grande diametro, che forniscono ottime garanzie tecniche ed un costo sostenibile.

L'estradosso del solettone può essere prossimo al piano stradale, ma anche essere approfondito fino ad una profondità indicativa di 1.50 m dal piano strada, al fine di immorsare meglio l'opera e limitare il rischio di denudamento delle fondazioni indirette.

Aspetti positivi

Si tratta di un intervento risolutivo che fornisce ampie garanzie di stabilità e durata nel tempo.

Aspetti negativi

La realizzazione di quest'opera richiede la chiusura della sede stradale (spesso già chiusa in seguito all'innesco del fenomeno franoso). Qualora il solettone sia posizionato a ridosso del piano strada possono emergere problematiche per il passaggio di sottoservizi. Il computo indicativo allegato evidenzia come l'opera risulti piuttosto onerosa (1700€/m indicativo - prezziario della Regione Piemonte – anno 2011).

Accorgimenti tecnici

Si consiglia di rialzare il bordo esterno del solettone di almeno 10 cm rispetto alla sede stradale in modo da limitare il ruscellamento delle acque superficiali lungo il versante (con rischio di denudamento delle fondazioni indirette). Al termine dell'opera (verso valle) dovrà essere previsto un pozzetto di raccolta e smaltimento delle acque superficiali. Quest'ultimo

accorgimento (pozzetto) potrà essere evitato qualora la sede stradale presenti un'adeguata pendenza verso monte.

4.3.1.6.4 – Muri in c.a.

Utilizzo

Sono le opere di sostegno tradizionali per il consolidamento di scarpate e carreggiate stradali. Sono interventi adattabili a numerosi contesti e possono essere fondati superficialmente o, in caso di un contesto geotecnico scadente, su fondazioni indirette.

In relazione alle caratteristiche geotecniche e litostratigrafiche del sito e conseguentemente in relazione alle spinte esercitate sull'opera (che dipendono anche dall'altezza dell'opera stessa) è possibile prevedere dei tiranti.

E' necessario prevedere un'attenta regimazione delle acque superficiali e profonde, come descritto negli accorgimenti tecnici.

Vengono riportate alcune geometrie di muri in c.a. con i relativi computi metrici indicativi.

Aspetti positivi

Trattandosi di opere di sostegno tradizionali sono stati ampiamente utilizzati e la loro efficacia è stata testata nel tempo.

Aspetti negativi

Opere onerose. Presentano spesso difficoltà cantieristiche e comportano ingenti movimenti terra. Necessitano di grande attenzione, sia in fase progettuale che costruttiva, nella drenabilità del paramento e dell'area retrostante. L'assenza di un adeguato drenaggio innesca pressioni idrostatiche in grado di determinare il ribaltamento dell'opera. Richiede quasi sempre la chiusura al transito della sede stradale. Necessita di accurate soluzioni tecniche nelle aree di confinamento al fine di limitare il rischio di innesco di dissesti.

Accorgimenti tecnici

L'opera richiede un'attenta regimazione delle acque superficiali e profonde e pertanto dovranno essere valutati i seguenti accorgimenti tecnici:

- I muri dovranno essere provvisti di adeguati sistemi di drenaggio a tergo, atti a garantire l'intercettazione e lo smaltimento delle acque circolanti all'interno del substrato e delle coltri di copertura;

- analogamente si dovrà predisporre un efficace sistema di regimazione delle acque superficiali, mitigando la tendenza all'infiltrazione nel terreno, con smaltimento in idonei ricettori, senza apportare elementi penalizzanti per le zone limitrofe ed evitando assolutamente la dispersione incontrollata sui versanti;
- le opere dovranno essere dotate di più ordini di barbacani in grado di garantire l'allontanamento delle acque intercettate dal drenaggio ed abbattere eventuali pressioni idrostatiche potenzialmente in grado di innescarsi in occasione di criticità meteoriche;
- per garantire la corretta funzionalità delle strutture è raccomandabile prevedere la periodica manutenzione dei sistemi di regimazione delle acque in modo da mantenere efficace lo smaltimento idrico in condizioni di criticità meteorica;
- qualora le opere siano realizzate a valle della sede stradale si consiglia di mantenerle rilevate di almeno 10 cm rispetto alla sede stradale in modo da limitare il ruscellamento delle acque superficiali lungo il versante (con rischio di denudamento delle fondazioni indirette). Al termine delle opere (verso valle) dovrà essere previsto un pozzetto di raccolta e smaltimento delle acque superficiali. Quest'ultimo accorgimento (pozzetto) potrà essere evitato qualora la sede stradale presenti un'adeguata pendenza verso monte.

4.3.1.6.5 – Gabbionate/terre rinforzate

Si tratta di opere di consolidamento a gravità di norma utilizzate per stabilizzare il piede dei versanti.

La geometria di dette opere è variabile in funzione del contesto morfologico del sito e delle caratteristiche geotecniche dei litotipi.

Si tratta di interventi drenanti che consentono di dissipare le pressioni idrostatiche e deformabili, ovvero in grado di assorbire contenuti assestamenti/movimenti del versante.

Al fine di migliorare la capacità drenante dell'opera e mantenerla nel tempo è necessario prevedere un filtro drenante al contatto con la parete di scavo (geotessuto, ecc.).

Vengono di seguito riportati alcuni computi metrici indicativi di possibili geometrie di intervento.

<u>Aspetti positivi</u>

Opere flessibili in grado di deformarsi assorbendo assestamenti e/o movimenti contenuti. Elevata capacità drenante. Richiedono estrema attenzione progettuale e realizzativa nello scavo del piano di posa e nell'individuazione di adeguate soluzioni tecniche per l'eduzione delle acque drenate (tubazioni di raccolta, fondazione in c.a., ecc.), ma consentono di intercettare le acque dissipando le pressioni idrostatiche. Opere poco onerose.

Le terre rinforzate sono generalmente caratterizzate da un peso minore e consentono di utilizzare, quando possibile, i materiali presenti in situ.

Aspetti negativi

Opere estremamente pesanti da valutare nel contesto delle verifiche geotecniche. Il loro utilizzo è consigliato per il consolidamento di versanti posti a monte della sede stradale, se ne sconsiglia l'utilizzo lungo i versanti se non fondate adeguatamente, preferibilmente su fondazioni indirette.

Difficoltà nel progettare e realizzare correttamente la regimazione delle acque, con potenziale rischio di formazione di ristagni ed infiltrazioni in corrispondenza del piano di posa dell'opera e conseguente cedimento e disarticolazione dell'opera stessa.

4.3.1.6.6 – Ricostruzione di porzioni di versanti con rilevati "forti"

In caso di presenza di scarpate sub-verticali o in situazioni nelle quali i fenomeni franosi abbiano determinato il collasso di una porzione di versante, è possibile ricostruire il versante stesso mediante realizzazione di rilevati, adeguatamente strutturati.

La soluzione tecnica proposta consiste nella ricostruzione della topografia ottimale mediante realizzazione di rilevati, adeguatamente consolidati al piede da muri di sostegno (o opere confrontabili), in modo da poter ripristinare una morfologia coerente con il contesto locale e recuperare una base stabile per il ripristino di una sede viaria o per la posa di un'opera di consolidamento di un abitato.

Si tratta di soluzioni tecniche articolate e complesse per le quali non si riporta un computo indicativo in quanto devono essere valutate nel dettaglio in funzione del contesto locale.

A titolo esemplificativo viene proposta la documentazione fotografica dell'intervento realizzato nel Comune di Capriglio, prima e dopo la ricostruzione del versante (**Foto 4.22 a, b**).

Figura 4.22 a *– Documentazione fotografica dell'intervento realizzato nel Comune di Capriglio. Situazione prima della ricostruzione del versante.*

Figura 4.22 b *– Documentazione fotografica dell'intervento realizzato nel Comune di Capriglio. Situazione dopo la ricostruzione del versante.*

4.3.2 Considerazioni sui dissesti legati alla dinamica fluviale e torrentizia

Il territorio dell'Unione Collinare Alto Astigiano è, come risaputo, nella sua massima parte collinare eccezione fatta per la piana villanovese (Comune di Buttigliera d'Asti); i corsi d'acqua sono quindi caratterizzati da un limitato bacino idrografico e da portate modeste, catalogabili quindi nell'ambito dei piccoli rii collinari a limitata scala di bacino. In tale contesto tuttavia sono rilevabili non trascurabili cause di rischio idraulico correlabili al basso tempo di corrivazione dei bacini e, contestualmente, ai sempre più evidenti mutamenti climatici in atto, con scrosci di pioggia violenti ed improvvisi su limitati areali (e con volumi di acqua scaricati in brevissimo tempo, assolutamente eccezionali) con conseguenze esondative a carattere assai severo negli intorni di questi piccoli rii (si possono portare ad esempio due eventi recenti che hanno causato fenomeni di esondazione e danni a manufatti nei comuni di Buttigliera d'Asti, Rio Bannetto, e Castelnuovo Don Bosco, Rio Valle). In tale ambito la manutenzione della rete idrografica collinare appare di basilare importanza ai fini della prevenzione dei fattori di rischio che possono poi incidere, se si verificano, in maniera rilevante sul territorio.

Dei 60 dissesti censiti solo 9 sono riconducibili a dissesti di tipo idrologico, nei quali sono compresi allagamenti, erosioni di sponda alveo ed erosioni causate da ruscellamento concentrato (**Fig. 4.23**).

L'unico caso segnalato di allagamento vero e proprio si verifica in corrispondenza del fondovalle del T. Triversa, nel comune di Montafia, ed è descritto nella scheda MONT2.

L'erosione causata dal ruscellamento concentrato è individuabile anch'essa in un unico caso segnalato, e corrisponde al dissesto PM1.

In due casi sono stati segnalati fenomeni di ruscellamento sullo stesso manto stradale (BU4, BU6), che nei casi in questione è rappresentato da fondo sterrato e necessita quindi di una costante manutenzione.

Vengono segnalati tre fenomeni di erosione di sponda alveo, i quali si verificano tutti presso degli attraversamenti sul Rio della Valle (o Traversola) nel comune di Buttigliera d'Asti (schede BU1, BU2, BU7).

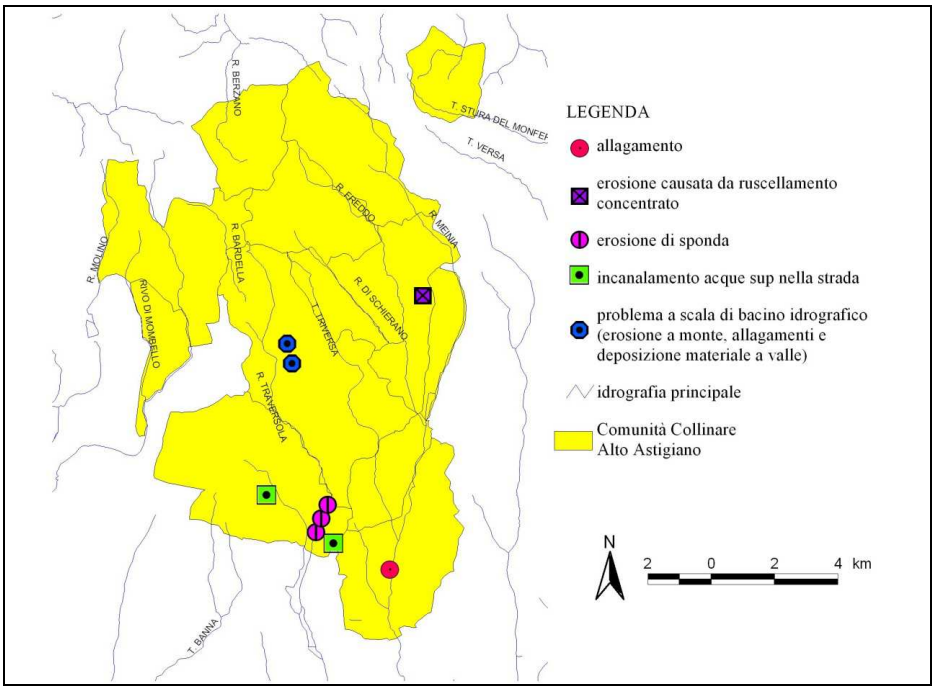


Figura 4.23 *– Tipologia e localizzazione dei dissesti riconducibili a dinamica torrentizia.*

Nelle **Figure 4.24** e **4.25** viene riportato l'esempio di un caso di dissesto coinvolgente una sponda dell'alveo del Rio della Valle nei pressi del ponte del Mulino Meinito.

Figura 4.24 *– Erosione di sponda avvenuta in seguito alle intense precipitazioni dell'evento del 15-16 marzo 2011. Questo dissesto, ubicato nel territorio di Buttigliera d'Asti, è catalogato come BU 7 e coinvolge la sponda in sinistra idrografica del Rio Valle.*

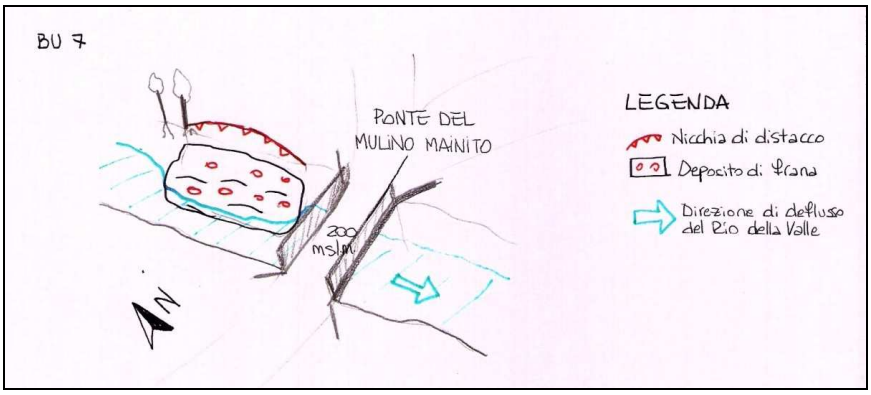


Figura 4.25 *– Schema relativo al dissesto BU 7.*

Sono infine presenti due casi di dissesto che coinvolgono l'intero bacino idrografico, esplicandosi con fenomeni erosivi a monte e con allagamenti e deposizione di materiale alluvionale a valle (CDB 1, CDB 2).

4.3.2.1 - Cause scatenanti il dissesto dei corsi d'acqua collinari

Di seguito si riportano le principali cause di innesco dei fenomeni dissestivi lungo il reticolo idrografico secondario nel contesto del territorio dell'Unione Collinare Alto Astigiano.

1. Trasporto solido fine (prevalenza di sabbie di Asti e litotipi siltoso - argillosi) in grado di provocare occlusioni in alveo con locali restringimenti della sezione di deflusso e pregiudizio dell'officiosità idraulica del corso d'acqua.
2. Riduzione di sezione per accumulo, oltre che di materiale terroso, di vegetazione flottante e rifiuti solidi con incremento di velocità locale nella sezione stessa e conseguenti possibili erosioni spondali.
3. Presenza di vegetazione infestante in alveo che, causa le piene dei corsi d'acqua possono essere trascinati dalla corrente ed occludere ponticelli, ponti, tombini.
4. Fenomeni di divagazione laterale dei corsi d'acqua con conseguente innesco di processi di erosione spondale.
5. Deterioramento delle opere di protezione spondale (gabbionate, muri di sostegno, scogliere, ecc.) per il verificarsi di fenomeni di dissesto strutturale e/o al piede.
6. Tendenza al deterioramento di opere di ingegneria naturalistica (per la necessità costante di manutenzione della vegetazione o per la presenza di piccole erosioni superficiali).
7. Tendenza al deterioramento di opere trasversali (briglie, soglie, ecc.) per il verificarsi di fenomeni di scalzamento, aggiramento, erosione.

8. Assenza di manutenzione di ponti, ponticelli, tombini, con conseguente perdita dell'officiosità idraulica delle opere.
9. Perdita o riduzione dell'efficacia idraulica delle reti di drenaggio di dettaglio accessorie e/o limitrofe ai corsi d'acqua collinare.
10. Errata progettazione (errate verifiche idrologico-idrauliche, errato dimensionamento delle opere di difesa o interferenti, ecc.).

4.3.2.2 – Interventi e manutenzione

Si riportano di seguito le principali operazioni di manutenzione e gli interventi necessari per garantire l'officiosità idraulica del reticolo idrografico minore del territorio dell'Unione Collinare Alto Astigiano.

1. Periodica rimozione dei rifiuti solidi, di vegetazione arbustiva, di materiali litoidi, compatibilmente con il regime idrologico locale (evitando cioè i periodi di piena statisticamente accertati); il materiale litoide, in particolare, può essere utilizzato ad imbottimento di sponda o per il tamponamento di erosioni localizzate all'interno delle basse sponde.
2. Ricostruzione delle parti di sponda deteriorate con tecniche di intervento il più possibile coerenti alle condizioni originarie delle stesse.
3. Verifica ed eventuale miglioramento delle opere di adduzione dell'acqua in ingresso ai rii (tubi di scolo acque bianche, canali laterali, fossi stradali, ecc.); previsione di opere per la dissipazione dell'energia in grado di limitare le perturbazioni nell'equilibrio morfologico del corso d'acqua.
4. Relativamente alla manutenzione delle scogliere in massi si fa un sunto degli interventi di manutenzione standard previsti che qui si possono riassumere: ricarica dell'elevazione della difesa mediante l'apporto di pietrame, sistemazione mediante il riutilizzo e il rimaneggiamento dei massi destabilizzati; diminuzione della pendenza della difesa; utilizzo di tecniche ingegneria naturalistica; ricarica della scarpata interna della difesa (petto) con materiale litoide proveniente da riprofilatura della sezione idraulica; imbottimento della sponda e ripristino della difesa; formazione di filtri a tergo della difesa, utilizzo di geotessili.
5. Relativamente alla manutenzione delle gabbionate si evidenzia che la rottura della rete metallica è l'episodio dissestivo del manufatto più frequente anche se, occorre precisare che lo stesso si verifica più frequentemente nei torrenti montani o con un notevole trasporto

solido. I blocchi o le piante trasportate dalla corrente, in occasione di piene, a causa del continuo sfregamento o della battuta violenta contro l'opera, causano rotture del filo di ferro zincato che costituisce la struttura portante del gabbione. Occorrerà quindi intervenire per la riparazione di tali rotture, in quanto il mancato intervento porterebbe ad un rapido svuotamento del materiale di riempimento del gabbione con totale perdita di funzionalità dell'opera. Tale occasione si verifica comunque a carico di opere che ormai hanno diversi anni di vita, dove pertanto le zincature ormai vetuste non proteggono più il filo di ferro contro l'azione corrosiva della ruggine. L'intervento di riparazione consisterà nella sovrapposizione di rete nuova sulle porzioni divelte, arrivando allo smontaggio con la ricostruzione di alcune porzioni quando l'opera ha subito un notevole danno con svuotamento.

6. Relativamente alla manutenzione di ponti, ponticelli e tombini si raccomanda un corretto dimensionamento idraulico delle opere in progetto (utilizzando un tempo di ritorno almeno centennale), mentre per le opere esistenti una puntuale e periodica ricognizione in loco dei manufatti porta alla valutazione di eventuali elementi occlusivi che possono portare pregiudizio al corretto deflusso della portata idraulica. Va altresì fatta una ricognizione periodica per verificare la efficace staticità e lo stato di conservazione dei manufatti e, se del caso, programmare gli opportuni interventi manutentivi.
7. Per i tratti intubati e gli attraversamenti tubolari si raccomanda di prevedere tutti gli accorgimenti tecnici necessari al fine di limitare i fenomeni di erosione concentrata che spesso si originano allo sbocco verso valle. Le acque, infatti, acquistano maggiore velocità nel tratto intubato in seguito al maggiore coefficiente di Strickler, intrinseco all'opera stessa (costituita da cemento, metallo, PVC, ecc.). Sarà quindi necessario prevedere delle opere antierosive nei punti di dislivello del getto idrico.
8. In situazioni nelle quali il contesto geologico - geomorfologico locale ed i caratteri morfometrici dell'alveo determinino significativi fenomeni di trasporto solido in grado di limitare l'efficacia delle opere di attraversamento, si consiglia di prevedere delle opere specifiche per l'abbattimento del trasporto solido. In particolare è possibile prevedere delle vasche e/o piccoli bacini di sedimentazione finalizzati al trattenimento del carico solido del corso d'acqua. Per dette opere dovrà in ogni caso essere previsto un piano di manutenzione.

5 – CONCLUSIONI

Il presente studio è nato dalla volontà di predisporre un documento finalizzato al monitoraggio dell'assetto idrogeologico del territorio, inteso non solo come mera catalogazione dei fenomeni che hanno colpito in maniera evidente il territorio, ma anche soprattutto di analisi critica degli interventi di prevenzione del dissesto con particolare attenzione alla riscoperta di antiche usanze e pratiche diffuse un tempo in modo capillare.

Si è quindi pensato di predisporlo sottoforma di "Manuale d'uso del suolo", in modo da fornire un innovativo supporto tecnico e legislativo per le Amministrazioni locali, contenente le linee guida generali per una migliore gestione del territorio.

Il manuale costituisce inoltre un'ulteriore presa d'atto dell'assetto idrogeologico del territorio dell'Unione Collinare, dove sono indicate e quantificate soluzioni progettuali puntuali e di urgente realizzazione, finalizzate alla richiesta di contributi pubblici.

Per la realizzazione di questo fondamentale obiettivo, l'Unione Collinare Alto Astigiano ha messo a disposizione, oltre ai propri mezzi, anche il proprio personale tecnico.

I dati raccolti sul terreno per ogni dissesto sono stati riassunti in schede descrittive. L'analisi dei dati delle diverse schede ha permesso di individuare alcune tipologie di dissesto ricorrenti sul territorio; per ogni tipologia di dissesto sono state selezionate apposite schede rappresentative, contenenti un progetto di massima dell'opera da realizzarsi per il ripristino e la messa in sicurezza, comprensivo di una quantificazione economica.

È emerso come alcune cause di tipo antropico legate a cattiva manutenzione stradale o ad interventi effettuati in maniera non consona, possano amplificare gli effetti dei dissesti idrogeologici. Tali comportamenti sono causati anche dalla mancanza di norme di settore a livello nazionale e locale.

Dall'esperienza maturata si proporrà pertanto di integrare la normativa esistente (Regolamento Edilizio, Regolamento di Polizia Rurale, ecc.) con alcuni articoli mirati a migliorare l'uso del territorio tramite una corretta gestione e manutenzione dello stesso.

Tutte le attività connesse alla gestione del territorio dovranno anche avere adeguato recepimento all'interno dei piani di emergenza comunali da redigere o aggiornare e che dovranno avere ricadute sulle scelte locali al fine di mitigare e prevenire i livelli di rischio per

persone, strutture ed infrastrutture presenti sul territorio, anche ai fini di una precisa progettazione di interventi di manutenzione straordinaria a salvaguardia del territorio stesso.
Alle informazioni di base di inquadramento territoriale e di descrizione dello stato delle conoscenze relative al dissesto idrogeologico nell'area indagata, vengono resi disponibili i dati della sperimentazione effettiva, realizzata tra dicembre 2010 e maggio 2011, in collaborazione tra la Comunità Collinare, la Regione Piemonte e l'Università di Torino.
Inoltre, dalla home page dei siti internet di tutti i Comuni della Comunità Collinare Alto Astigiano, è già possibile liberamente accedere (tramite un link ben evidenziato da una mappa di colore blu), ad un portale dal quale è possibile consultare la cartografia catastale, le classi di edificabilità del territorio, le indicazioni cartografiche del piano di protezione civile, la Carta Tecnica Regionale, le curve di livello e le immagini fotografiche (ortofoto) dell'intero territorio.
Tutte queste informazioni, oltre ad essere stampabili, sono consultabili e sovrapponibili tra di loro e permettono di leggere in maniera puntuale le caratteristiche del nostro territorio.

BIBLIOGRAFIA

APAT (2006) – *Fenomeni di dissesto geologico-idraulico sui versanti. Classificazione e simbologia*. Manuali e linee guida 39/2006.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (1995) – *L. 22 del 21 gennaio 1995: "Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione (P.S. 45)*". Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 10 del 10 maggio 1995.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (1998) – *D.P.C.M. del 24 luglio 1998: "Piano stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.S.F.)".* Deliberazioni del Comitato Istituzioale rispettivamente n. 1 del 5 febbraio 1996 e n. 26 dell'11 dicembre 1997.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2001) – *L. n. 183, art 17, comma 6 ter del 18 maggio 1989: "Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)".* Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 del 26 aprile 2001.

BARISONE et. Alii, 1980, 1982a, 1982b;

BIELLA G., POLINO R., DE FRANCO R., ROSSI P.M., CLARI P., CORSI A. & GELATI R. (1997) – *The crustal structure of the western Po plain: reconstruction from the integrated geological and seismic data*. Terra Nova, 9: 28-31.

BOANO P. & FORNO M.G. (1999) – *La successione "villafranchiana" nell'area di Castelnuovo Don Bosco (Asti)*. Il Quaternario, 10 (2): 355-358.

BOLT B.A., HORN W.L., MACDONALD G.A., SCOTT R.F. (1975) - *Geological Hazards,* Springer-Verlag, Berlin, 328 pp.

BONI & CASNEDI (1970) - *Note illustrative del Foglio 69-70, Asti-Alessandria della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000*. Serv. Geol. It., Roma: 64 pp.

BONSIGNORE G., BORTOLAMI G., ELTER G., MONTRASIO A., PETRUCCI F., RAGNI U., SACCHI R., STURANI C. & ZANELLA E. (1969) – *Note illustrative dei Fogli 56-57, Torino-Vercelli della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000*. Serv. Geol. It., Roma: 96 pp.

CARRARO F., PETRUCCI F. & TAGLIAVINI S. (1969) - *Note illustrative del Foglio 68, Carmagnola della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000*. Serv. Geol. It., Roma: 40 pp.

COMMISSIONE INTERMINISTERIALE PER LO STUDIO DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA E DELLADIFESA DEL SUOLO (Commissione De Marchi) (1970 e 1974). Atti della Commissione, n° **1**, **2**, **3**, **4**, Roma.

DELA PIERRE F., PIANA F., FIORASO G., BOANO P., BICCHI E. FORNO G., VIOLANTI D., CLARI P. & POLINO R. (2003) – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 Foglio 157 Trino*. APAT, Dipartimento Difesa del Suolo, 147 pp.

ELTER P. & PERTUSATI P. (1973) – *Considerazioni sul limite Alpi-Appennino e sulle sue relazioni con l'arco delle Alpi occidentali.* Mem. Soc. Geol. Ital., 12: 359 – 375.

FESTA A., DELA PIERRE F., IRACE A., PIANA F., FIORASO G., LUCCHESI S., BOANO P., FORNO M.G. & POLINO R. (2009) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 156 Torino Est*. APAT, Dipartimento Difesa del Suolo: 143 pp.

FIORASO G. & BOANO P. (2002) – *Cavità di dissoluzione e fenomeni di sprofondamento nei gessi del Monferrato settentrionale: meccanismi genetici ed effetti sulla stabilità dei versanti.* GEAM, 107: 19-26.

FIORASO G., BICCHI E., IRACE A. & BOANO P. (2004) – *Manifestazioni carsiche nelle evaporiti messiniane del Monferrato e della Collina di Torino (Italia nord-occidentale): analisi dei meccanismi genetici nel quadro dell'evoluzione pliocenico-quaternaria del Bacino terziario Piemontese.* Il Quaternario, 17 (2/2): 453-476.

FORNO M.G. & GIARDINO M. (1995) – *Studio geologico del fenomeno gravitativo di Albugnano (Collina di Torino, Piemonte)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 20:76-86.

FORNO M.G. (1982) – *Studio geologico dell'Altopiano di Poirino (Torino).* Geogr. Fis. Dinam. Quat., 5:129-162.

FORNO M.G. 1980 – *Evidenza di un drenaggio abbandonato nel settore settentrionale dell'Altopiano di Poirino (Torino).* Geogr. Fis. Dinam. Quat., 3:61-65.

GELATI R. & GNACCOLINI M. (1988) – *Sequenze deposizionali in un bacino episuturale, nella zona di raccordo tra Alpi ed Appennino settentrionale*. Atti Tic. Sc. Terra, 31:340-350.

GISOTTI G. & BENEDINI M. (2000) - *Il dissesto idrogeologico*. Roma: Carrocci Editore, 595 pp.

GONZALEZ DE VALLEJO *et alii*, 2005;
IRACE *et alii* (2009);

PANIZZA M. (1988) - *Geomorfologia applicata*, La Nuova Italia Scientifica, Roma, 340 pp.

PIANA & POLINO (1994) – *La zona transpressiva di Rio Freddo e l'evoluzione convergente del Monferrato e della Collina di Torino*. Atti. Tic. Sc. Terra, ser. Spec., 1:167-180.

REGIONE PIEMONTE (1977) – Legge regionale 5 dicembre 1977, n. 56: "*Tutela ed uso del suolo"* (Bollettino Ufficiale 24 dicembre 1977, n. 53).

REGIONE PIEMONTE (1996) – Circolare Presidente Giunta regione Piemonte 8 maggio 1996, n. 7/LAP: "*Specifiche tecniche per l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici*" (Bollettino Ufficiale Regionale 15 maggio 1996, n. 20).

REGIONE PIEMONTE (1999) – *Nota Tecnica Esplicativa "N.T.E." alla Circolare PGR 8 maggio 1996 n. 7/LAP*.

REGIONE PIEMONTE (2002) – *D.G.R. n. 45 – 6656 del 15 luglio 2002: "Tutela del suolo".* (Bollettino Ufficiale Regionale 25 luglio 2002, n. 30).

REGIONE PIEMONTE (2005) – *Idrogeologia della pianura piemontese.* Direzione Pianificazione delle Risorse Idriche, Dipartimento di Scienze della Terra. Torino, 2005.

REPUBBLICA ITALIANA (1989a) – Legge 183 del 18 maggio 1989: "*Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo".* Gazzetta Ufficiale n. 120 del m25 maggio 1989.

REPUBBLICA ITALIANA (1989b) - Decreto Legislativo del 30/04/1992 n. 285: "*Nuovo codice della strada*" (G.U. n. 114 del 18/05/1992).

REPUBBLICA ITALIANA (2006) - D.lgs. *n° 152: "Norme in materia ambientale" Testo Unico ambientale in sostituzione al D.lgs. n° 183/89.* Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006.

SCESI L. & PAPINI M. (1995) – *Il rilevamento geologico-tecnico - Geologia applicata 1*. CittàStudi Edizioni, 880 pp.

RIFERIMENTI WEB

RIF. WEB N.1 www.comune.mombelloditorino.to.it

RIF. WEB N.2 www.portalecomuni.net/comunitaaltoasti

RIF. WEB N. 3 http://rsaonline.arpa.piemonte.it/meteoclima50/index.htm

RIF. WEB N.4 http://www.arpa.piemonte.it/annali/meteorologici

RIF. WEB N.5 http://www.adbpo.it

RIF WEB N.6 http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072

RIF WEB N.7 http://webgis.arpa.piemonte.it/website/geo_dissesto/w_arpa_ib_bdgeo/viewer.htm

RIF. WEB N. 8 http://webgis.arpa.piemonte.it/website/geo_dissesto/w_arpa_ib_iffi/viewer.htm

RIF. WEB N. 9 http://www.altoastigiano.it/

RIF WEB N. 10 http://www.arpa.piemonte.it/upload/dl/Rapporti_di_evento/rapporto_dicembre_2008_1.pdf

Rif Web N. 11 http://www.arpa.piemonte.it/upload/dl/Servizi_online/Rendiconti_nivometrici/rendiconto_nivo2008-09_parte1_2.pdf

Rif Web N. 12 http://www.arpa.piemonte.it/upload/dl/Rapporti_di_evento/Evento_meteopluviometrico_del_26-28_aprile_2009/Evento_26_28_aprile_I.pdf

RIF WEB N. 13 http://www.regione.piemonte.it/oopp/alluvione/dwd/alluvioneMarzo2011/2011_03_rapporto_evento.pdf

RIF. WEB N. 14 http://www.regione.piemonte.it/agri/suoli_terreni/suoli1_50/carta_suoli.htm