

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale



Supplemento al n. 3/2013

ISSN 1591-5352

Poste Italiane S.p.a. - Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1 comma 1 - DCB Roma



Scivolamento rototraslazionale a seguito degli eventi meteorologici dell'aprile 2009 nelle colline del Piemonte. Comune di Castel Rocchero (AT). Rilievi a cura della Regione Piemonte

Atti del simposio

La Geologia Ambientale per uno sviluppo sostenibile nei territori di collina in Italia

A cura di **LUCIANO MASCIOCO**



Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale

Associazione di protezione ambientale a carattere nazionale riconosciuta dal Ministero dell'ambiente, della tutela del territorio e del mare, con D.M. 24 maggio 2007, G.U. n. 127 del 4.6.2007

Supplemento al n. 3/2013
Anno XXI - luglio-settembre 2013

Iscritto al Registro Nazionale della Stampa n. 06352
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 229
del 31 maggio 1994

Comitato scientifico

Mario Bentivenga, Aldino Bondesan,
Giancarlo Bortolami, Felice Di Gregorio,
Giuseppe Gisotti, Giancarlo Guado,
Giacchino Lena, Giacomo Prosser,
Giuseppe Spilotro

Consiglio Direttivo nazionale 2013-2016

Fatima Alagna, Federico Boccalaro (*Segretario*),
Antonello Fiore (*Tesoriere*), Daria Duranti,
Fabio Garbin, Sandro Gennaro, Francesco Geremia,
Giuseppe Gisotti (*Presidente*), Fabrizio Ioiò,
Giacchino Lena, Vincent Ottaviani, Debora Perazzoli,
Angelo Sanzò, Andrea Vitturi (*Vicepresidente*),
Francesco Zarlenga

Comitato di redazione

Federico Boccalaro, Giorgio Cardinali,
Giovanni Conte, Giacchino Lena,
Paola Mauri, Maurizio Scardella

Direttore responsabile

Giuseppe Gisotti

Procedura per l'accettazione degli articoli

I lavori sottomessi alla rivista dell'Associazione, dopo che sia stata verificata la loro pertinenza con i temi di interesse della Rivista, saranno sottoposti ad un giudizio di uno o più Referees.

Redazione

SIGEA: tel./fax 06 5943344
Casella Postale 2449 U.P. Roma 158
info@sigeaweb.it
www.sigeaweb.it

Progetto grafico e impaginazione

Fralerighe
tel. 0774 554497 - fax 0774 2431193
info@fralerighe.it
www.fralerighe.it

Publicità
SIGEA

Stampa

Tipolitografia Acropoli, Alatri - FR

Abbonamento annuale: Euro 30,00

Sommario

- Premessa
di Luciano Masciocco 2
- Problematiche relative al monitoraggio piezometrico e qualitativo delle discariche. Gli esempi degli impianti di Magliano Alpi e Grosso
LUCIA BAIMA, ANNALISA BOVE, FABIO COGGIOLA,
ENRICO DESTEFANIS, LUCIANO MASCIOCO 3
- Valutazione dell'erosione nel territorio del Freisa del Piemonte centrale (provincia di Asti)
ROBERTO AJASSA, CATERINA CAVIGLIA, ENRICO DESTEFANIS,
GIUSEPPE MANDRONE, LUCIANO MASCIOCO 9
- La gestione delle risorse idriche nel territorio collinare del Piemonte centrale (Italia nordoccidentale)
CATERINA CAVIGLIA, DOMENICO ANTONIO DE LUCA,
ENRICO DESTEFANIS, MARIA GABRIELLA FORNO,
MANUELA LASAGNA, LUCIANO MASCIOCO 14
- Applicazione dei metodi dell'Analisi di Rischio per la valutazione della vulnerabilità degli acquiferi. L'esempio della valle del Fiume Pescara (Abruzzo)
ANTONIO DILIGENTI, LUCINA LUCHETTI 21
- Deformazioni gravitative di versante e centri abitati instabili: il caso di Magnasco, Cerisola e Villa Noce in Alta Val d'Aveto (Appennino ligure)
ANNA ROCCATI, FRANCESCO FACCINI, FLAVIO POGGI 28
- Valutazione della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero carsico nel Bric Tampa (Alpi Liguri): risultati preliminari
FRANCESCO FACCINI, LUIGI PERASSO, IVANO RELLINI,
CLAUDIA SCOPESI, ALESSANDRO SACCHINI 35
- Interferenza tra precipitazioni, stabilità geomorfologica e strade comunali nel territorio della Comunità Collinare Alto Astigiano (Piemonte centrale, Italia)
CORRADO GIOLITO, LUCIANO MASCIOCO, SILVIA PASTORMERLO,
MAURIZIO PIGNATELLI, MAURIZIO TOJA 41
- Il ruolo della saturazione dei terreni in rapporto alla modalità di innesco dei fenomeni franosi in provincia di Asti negli eventi di dicembre 2008, aprile 2009 e marzo 2011
LUCA DI MARTINO, LUCIANO MASCIOCO, GIUSEPPE RICCA
MAURIZIO TOJA 48
- La sostenibilità della gestione dei rifiuti nel paesaggio collinare dell'Irpinia Orientale (Campania)
ALESSIO VALENTE, FILIPPO RUSSO, MICHELE SISTO 55

Lo sviluppo del territorio collinare italiano deve tener conto di problematiche geologiche ambientali. Sicuramente la pericolosità geologica relativa agli effetti delle piogge intense (erosione accelerata, frane superficiali e profonde, allagamenti in corrispondenza degli impluvi) si incrocia con una discreta densità abitativa, creando condizioni di rischio idrogeologico da mitigare con una corretta pianificazione territoriale. Da un altro punto di vista, l'attività umana può impattare sulle risorse geologiche. Le risorse idriche, solitamente rare e preziose in ambito collinare rispetto ai ricchi acquiferi di pianura, devono essere adeguatamente salvaguardate.

Le attività estrattive e quelle di gestione dei rifiuti devono essere condotte con particolare riguardo al paesaggio naturale, alla

protezione delle matrici acqua e suolo e al ripristino ambientale.

Il presente supplemento della rivista "Geologia dell'Ambiente" è dedicato agli atti del simposio: "La Geologia Ambientale per uno sviluppo sostenibile nei territori di collina in Italia", tenutosi a Torino il 22 settembre 2011 nell'ambito del VIII Forum Italiano di Scienze della Terra GEOITALIA 2011.

Il proponente della sessione era il sottoscritto, coadiuvato da due *convener*: il Prof. Luigi Pennetta dell'Università di Bari e il Prof. Francesco Faccini dell'Università di Genova. Il simposio era patrocinato dall'AIGeo (Associazione Italiana di Geografia Fisica e Geomorfologia) e, naturalmente, dalla SIGEA ove il sottoscritto coordina l'Area Tematica "Dissesto Idrogeologico". Il contenuto scientifico della sessione era così definito: "La sessione

vuole raccogliere studi e proposte relativi alla sostenibilità delle attività antropiche rispetto all'ambiente geologico nel settore collinare italiano (39,7% del territorio nazionale): fasce collinari subappenniniche, dal Piemonte alla Sicilia; colline del margine alpino; rilievi vulcanici minori dell'Antiappennino Toscano, Laziale e Campano; Murge pugliesi e Serre salentine; Carso goriziano, triestino e istriano. Tra i temi citiamo: la valutazione della pericolosità geomorfologica e la mitigazione dei relativi rischi; la salvaguardia delle risorse idriche; gli impatti ambientali delle attività estrattive e di quelle relative alla gestione dei rifiuti". Si spera che i contributi raccolti nel presente supplemento possano essere utili esempi per ricercatori, professionisti e amministratori al fine di una migliore gestione del territorio collinare italiano.



Frane superficiali (soil slip) nei dintorni di Ceva (CN). Alluvione del Piemonte del novembre 1994 (Foto L. Masciocco).

Problematiche relative al monitoraggio piezometrico e qualitativo delle discariche. Gli esempi degli impianti di Magliano Alpi (CN) e di Grosso (TO)

LUCIA BAIMA
Università degli studi di Torino,
e-mail: lucia.baima@libero.it

ANNALISA BOVE
Università degli studi di Torino

FABIO COGGIOLA
AMA S.p.A Azienda Monregalese Ambiente

ENRICO DESTEFANIS
Università degli studi di Torino

LUCIANO MASCIOTTO
Università degli studi di Torino

ABSTRACT

Some environmental geologic problems at two landfills for municipal solid waste are exposed in the present work. The landfills are situated in Piedmont high terraces zone, one in the municipality of Magliano Alpi in the Cuneo district (Fig. 1), the other in the municipality of Grosso in the Turin district (Fig. 2).

The plant of Magliano Alpi is located on a high terrace emerging from the eastern part of Cuneo plain. The terrace has formed consequently to the Pleistocene capture of Tanaro River and the successive remounting erosion of the whole river network. The sedimentary sequence, "observed from the land surface downward" shows a Holocene complex around ten meters thick, a low permeable Villafranchian Complex (Plio-Pleistocene) and a marine Pliocene Complex constituted by alternating permeable sands and unproductive clays.

The landfill of Grosso is located on the high terrace that remains as a relict of the ancient alluvial fan of the Stura di Lanzo River around 30 km north-west of Turin. It is realized in the Mindel glaciofluvial deposits (Pleistocene), more than 40 meters thick.

For both the sites, a hydrogeological study has been carried out, especially referred to the monitoring wells, in order to

characterize the groundwater in terms of both quantitative and qualitative. Piezometric maps have been realized for visualizing the general direction of the groundwater flow and samples have been analyzed in order to control the groundwater quality.

During these activities, problems relative to a correct sampling from the monitoring wells have been almost always encountered, as well as inconsistencies in the interpolation of water levels. Sometimes the wells were dry, while, in many cases, the regular purging of the wells before the sampling has caused a too slow recovery of the water level.

The hydrogeologic study has revealed that in both sites the monitoring wells capture a saturated but generally low permeable soil.

A local permeability may be related to the presence of lenses of permeable soil (sand, silty sand) in a less permeable matrix, and the different modalities of charging and emptying of these lenses could explain in that way the different levels in the monitoring wells.

In both experiences, the data recorded by the monitoring wells are probably affected by uncertainties attributable on the well monitoring efficacy. Given their importance for proper hydrological and environmental data acquisition, a correct design as well as a spe-

cial care in all phases of their realization are fundamental for the monitoring wells.

Proposals have been provided for identifying the depth of the underground aquifer below the landfills and properly design the monitoring wells, in order to take samples of water at different depths.

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni si è assistito a un rallentamento della produzione di rifiuti urbani, probabilmente legato alla tariffazione dei servizi di raccolta, alla riduzione dei consumi, al compostaggio domestico, alla sostituzione degli shopper di plastica con quelli biodegradabili o di stoffa. Inoltre la raccolta differenziata ha raggiunto nel 2009 una percentuale pari al 33,6% della produzione nazionale dei rifiuti urbani (ISPRA 2010).

Per quanto riguarda i sistemi di smaltimento, si è vista una riduzione del 4% dei rifiuti destinati a discarica, soprattutto dei rifiuti biodegradabili. Nel 2009 la raccolta differenziata della frazione biodegradabile è stata pari a circa 7,5 milioni di tonnellate; nello stesso anno circa 4,6 milioni di tonnellate sono stati smaltiti in incenerimento con recupero di energia. Il trattamento meccanico biologico ha invece interessato circa 7,6 milioni di tonnellate di rifiuti urbani indifferenziati prima dello smaltimento in discarica.

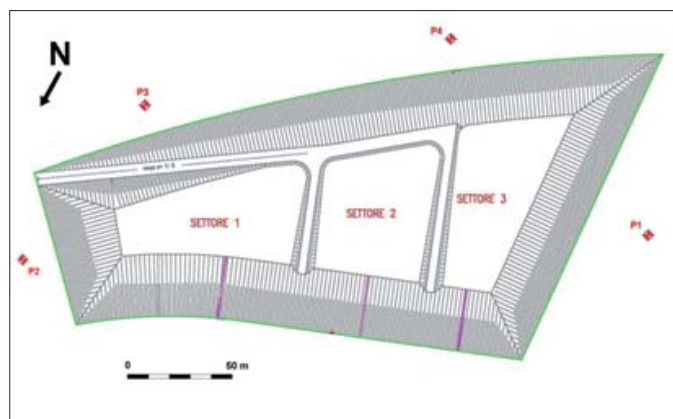


Figura 1 – Planimetria dell'impianto di Magliano Alpi (CN).

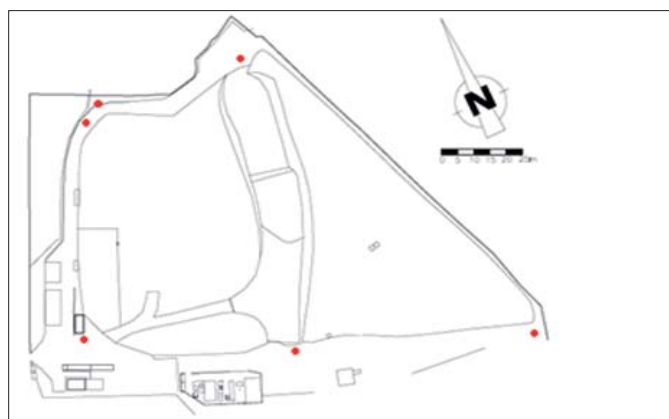


Figura 2 – Planimetria dell'impianto di Grosso (TO).

Nonostante la tendenza politico-ambientale di riduzione e di migliore gestione, gran parte dei rifiuti e le stesse fasi residue derivanti da altri trattamenti (meccanico-biologico, incenerimento) vanno smaltiti in discarica.

Alla luce dell'impossibilità di abbandonare questa tecnologia, diviene importante la definizione di procedure standard per il monitoraggio delle matrici ambientali interessate dalle attività svolte sulle aree di discarica.

Purtroppo spesso vengono svolte attività di monitoraggio non indicative della qualità

delle matrici geologico-ambientali la cui significatività può essere messa in discussione.

Considerando ad esempio la matrice "acque sotterranee", un corretto monitoraggio prevede la costruzione di piezometri sia per tenere sotto controllo il livello della falda idrica sia per controllare la qualità delle acque sotterranee. Oltre ai piezometri, è opportuno costruire pozzi idonei ad uno spurgo efficace in caso di inquinamento della falda da parte della discarica.

Il presente lavoro pone l'attenzione sul monitoraggio delle acque sotterranee e sulle problematiche ad esso connesse. Tali proble-

matiche, comuni a molte discariche, sono state riscontrate nel caso di un impianto di smaltimento di rifiuti solidi urbani, assimilabili agli urbani e fanghi di depurazione biologica, sito nel comune di Magliano Alpi in provincia di Cuneo e nel caso di un impianto di smaltimento di rifiuti solidi urbani sito nel comune di Grosso Canavese in provincia di Torino.

INQUADRAMENTO DELL'IMPIANTO DI MAGLIANO ALPI (CN)

L'impianto riceve i rifiuti prodotti da 86 comuni del Bacino n. 9 Monregalese, per un totale di 31.000 ton/anno di rifiuti, divisi in 6.000 ton/anno provenienti da raccolta differenziata e 25.000 ton/anno di rifiuti indifferenziati. Mentre i primi, in seguito a processi di separazione dalle frazioni estranee, vengono inviati in centri specializzati per il recupero di materia, i rifiuti indifferenziati subiscono un processo di trattamento e separazione della frazione secca leggera da quella organica. Quest'ultima, dopo un processo di bio-ossidazione viene smaltita nelle tre vasche che costituiscono la discarica. La frazione secca leggera, invece, viene inviata ad un termovalorizzatore. La quantità di rifiuti smaltiti in discarica, a valle di tutti i trattamenti, costituisce circa il 35% del rifiuto in ingresso.

L'impianto si colloca nel settore orientale della pianura cuneese, nel punto più elevato (422 m s.l.m.) di un terrazzo fluviale caratterizzato da una superficie da sub-pianeggiante ad ondulata con una generale pendenza verso nord-est (Fig. 3).

Dal punto di vista paleogeografico e geologico, l'area si colloca all'interno dei depositi marini oligo-miocenici del Bacino Terziario Ligure Piemontese, ricoperti da depositi sempre marini del Pliocene inferiore – medio, poi di transizione (Pliocene superiore – Pleistocene inferiore) ed infine continentali (Pleistocene medio – Olocene). I depositi presentano giaciture con immersione verso nord-ovest e una inclinazione degli strati variabile da 5° a 15°.

Per la ricostruzione del sottosuolo, sono state utilizzate le stratigrafie dei pozzi e piezometri presenti nell'impianto.

Sono state individuate 4 diverse tipologie di depositi, in particolare dai più antichi ai più recenti si incontrano (Fig. 4):

- depositi pliocenici marini (Pm);
- depositi villafranchiani (Vf);
- depositi quaternari continentali più antichi (QM);
- depositi quaternari recenti (QA).

INQUADRAMENTO DELL'IMPIANTO DI GROSSO (TO)

L'impianto riceve i rifiuti prodotti da 38 comuni facenti parte del Consorzio Intercomunale di Servizi per l'Ambiente.

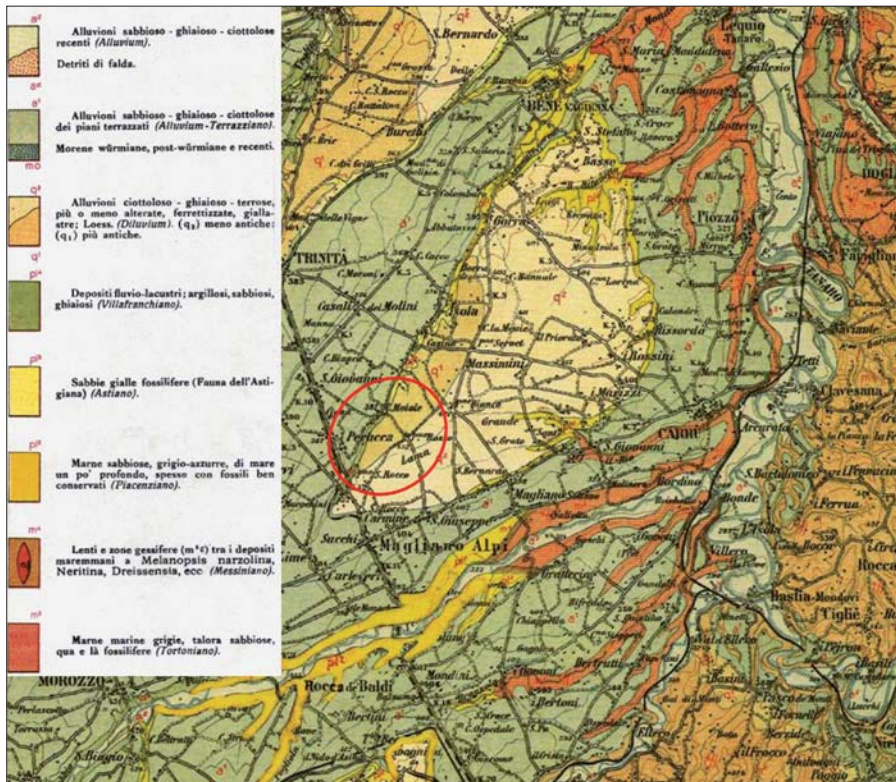


Figura 3 – Stralcio del Foglio 81 "Cuneo" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Il contorno rosso indica l'area in cui è ubicato l'impianto di Magliano Alpi (CN).

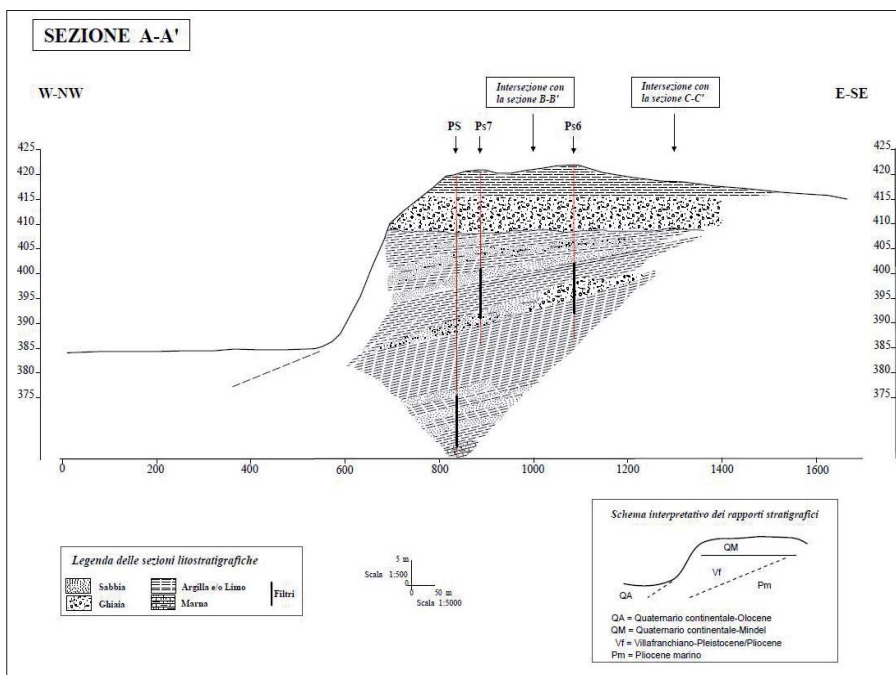


Figura 4 – Sezione litostratigrafica nell'area dell'impianto di Magliano Alpi (CN).

La volumetria totale di rifiuti conferita nella vasca del Lotto 1, ormai chiuso definitivamente, è stata di 217.140 m³.

La capacità utile prevista per il Lotto 2 è di circa 260.106 m³; considerando come dati di progetto un peso specifico dei rifiuti compattati pari a 0,7 t/m³ ed un conferimento annuo pari a circa 26.300 ton/anno, è stato previsto un tempo di coltivazione pari a circa 6,9 anni. La coltivazione del Lotto 2 è iniziata il 15 giugno 1999 e doveva esaurirsi nel 2006, ma nel giugno 2006 il Consorzio ha presentato alla Provincia di Torino un progetto di ampliamento che prevede una volumetria aggiuntiva di smaltimento pari a 85.000 m³.

È inoltre presente una rete di captazione di biogas e dal 2008 è attivo l'impianto per il recupero energetico e nello stesso anno è stato inoltre presentato un ulteriore progetto di ampliamento della discarica, la cui costruzione è stata autorizzata a febbraio 2011.

L'impianto è ubicato nel Comune di Grosso (TO), in località Vauda Grande (460 m s.l.m.), presso il margine nord-occidentale del territorio comunale si colloca in un'area che dal punto di vista geologico è riconosciuta come fluvio-glaciale e fluviale Mindel, ossia depositi pleistocenici dell'alto terrazzo ondulato, a paleosuolo argilloso

rosso-bruno completamente decalcificato ("tipico ferretto") per uno spessore di oltre 5 m, con scarsi ciottoli silicatici e silicei; si tratta di depositi fluviali costituenti i lembi relitti dell'antico conoide dello Stura di Lanzo (Fig. 5).

Per la ricostruzione del sottosuolo si è fatto riferimento alle stratigrafie della provincia di Torino relative alla "Carta della base dell'acquifero superficiale".

Sono state individuate 3 diverse tipologie di depositi raggruppabili come "Depositati fluviali prevalentemente ghiaiosi sensibilmente alterati e depositi villafranchiani (Pliocene medio – Pleistocene medio p.p)"; in particolare dai più antichi ai più recenti si incontrano (Fig. 6):

- Depositati marini pliocenici
- Depositati fluvio-lacustri di età plio-pleistocenica (Villafranchiano)
- Depositati alluvionali del Pleistocene medio-superiore

Una caratteristica che accomuna questi litotipi di età e caratteri tessiturati nettamente diversi è la ridotta presenza di una falda idrica superficiale; questa condizione è riconducibile ai terrazzamenti rilevati di parecchi metri rispetto ai corsi d'acqua, all'impermeabilizzazione superficiale per la presenza di un paleosuolo argillificato e alla presenza nel sottosuolo

di materiale a tessitura fine praticamente impermeabile.

PIEZOMETRIA DEL SITO DI MAGLIANO ALPI (CN)

Dal mese di luglio 2004, a cadenza mensile, il gestore dell'impianto ha provveduto a misurare i livelli della superficie di falda e la relativa profondità dal piano campagna nei 4 piezometri (Fig. 7).

I dati misurati indicano che il livello piezometrico è rimasto pressoché costante nel tempo fino al mese di febbraio 2007, se non si considera un lieve innalzamento misurato nel dicembre 2005 nei piezometri P1 e P4. Dal mese di giugno fino alla fine 2007, si assiste ad un innalzamento del livello piezometrico in tutti i piezometri di controllo ad eccezione del P2.

A partire dal mese di marzo 2008, si riscontra una variazione nei valori misurati in tutti i piezometri, fatta eccezione per il P2: in particolare nel piezometro P4 si assiste ad un brusco abbassamento del livello piezometrico (di circa 8 m) rispetto ai valori delle precedenti campagne; il piezometro P3 subisce un lieve abbassamento del livello riportandolo alle quote misurate durante il 2006; il piezometro P1 mostra, invece, inizialmente un aumento del livello idrico che tende poi a riassetarsi alle quote precedentemente misurate (BOVE *et al.* 2009).

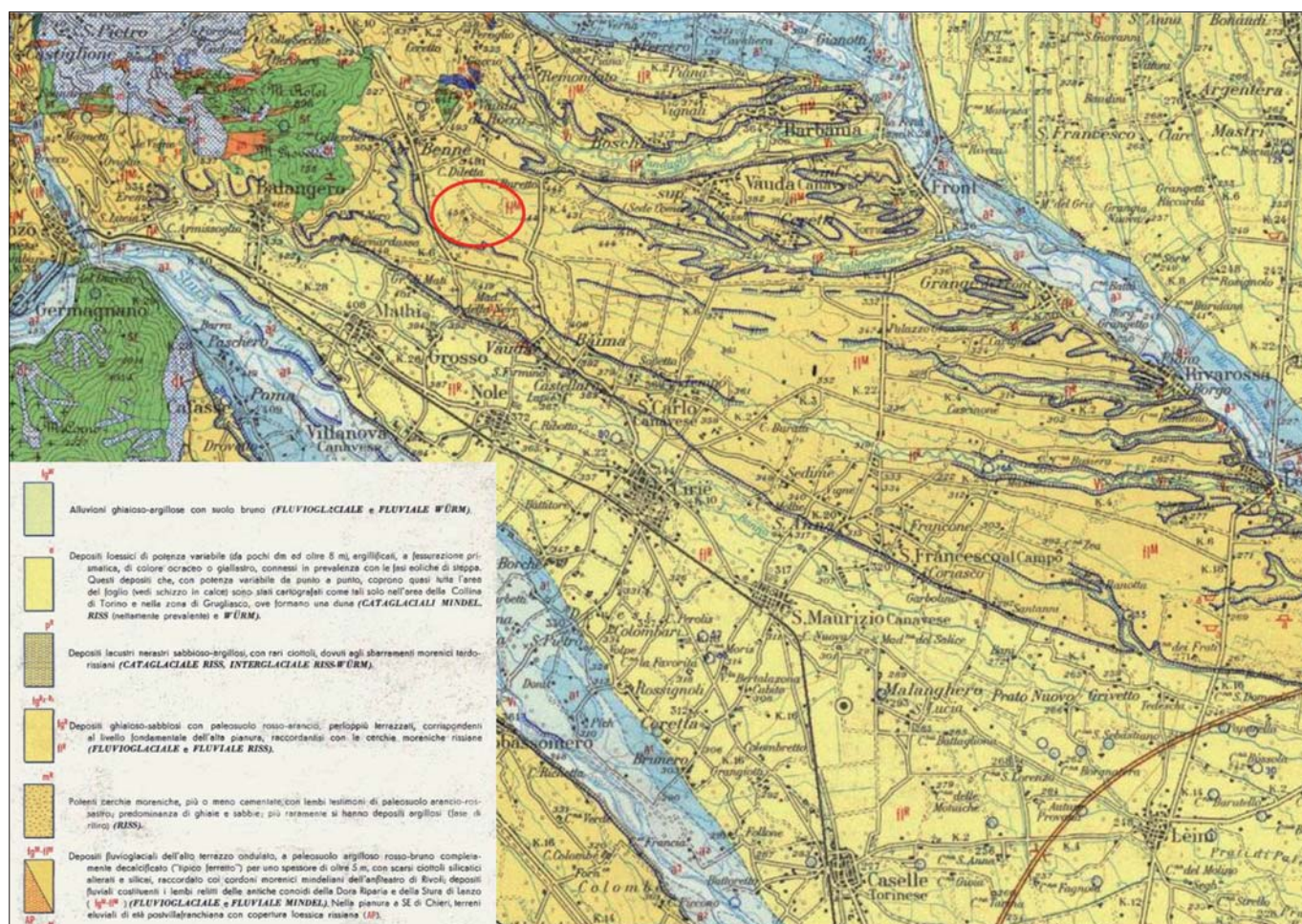


Figura 5 – Stralcio del Foglio 56 "Torino" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Il contorno rosso indica l'area in cui è ubicato l'impianto di Grosso (TO).

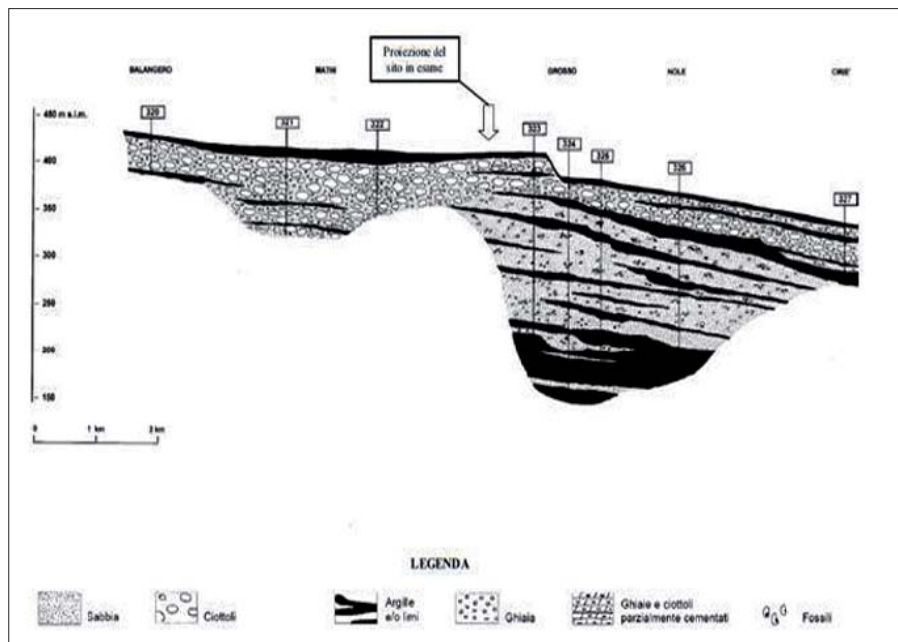


Figura 6 – Sezione litostratigrafica dell'area dell'impianto di Grosso (TO).

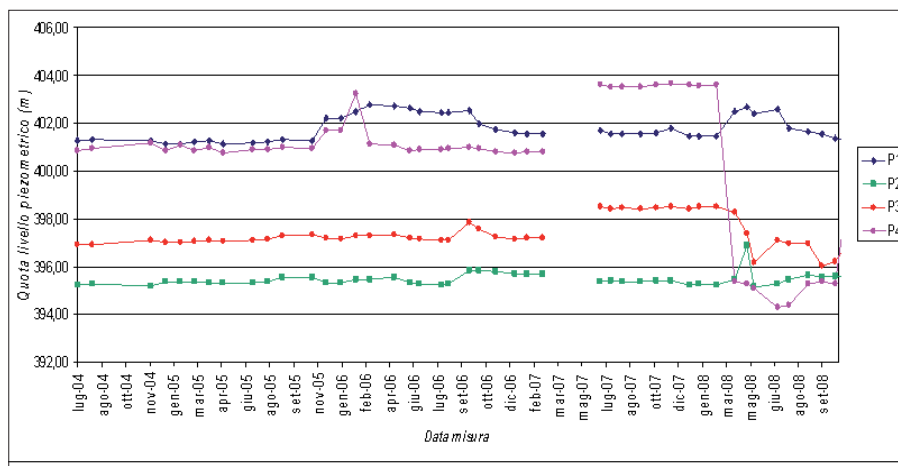


Figura 7 – Livelli piezometrici misurati da luglio 2004 a settembre 2008 nei quattro piezometri di monitoraggio dell'impianto di Magliano Alpi.

ULTERIORI CAMPAGNE DI MONITORAGGIO

Al fine di ricostruire meglio l'andamento del livello idrico e mettere a confronto i dati pregressi, sono state eseguite tre diverse campagne di misura nei mesi di giugno 2007, giugno 2008 e settembre 2008. Le misure sono state effettuate sui 4 piezometri di controllo e sui 3 pozzi di spurgo presenti all'interno dell'impianto, al fine di avere un maggior numero di dati a disposizione e di verificare l'effettivo andamento e le variazioni della superficie piezometrica nel tempo (Figg. 8, 9, 10). Durante le campagne di misura sono stati catalogati, tramite apposite schede, i 7 punti di misura.

PIEZOMETRIA DEL SITO DI GROSSO (TO)

Come per l'impianto di Magliano Alpi, anche presso il sito di Grosso, si è provveduto a misurare mensilmente la soggiacenza (GOLDER ASSOCIATES S.r.l. 2008) dei diversi piezometri di controllo (pz1 ÷ pz6).

In Fig. 11, si riportano le quote piezometriche misurate negli ultimi 3 anni di rilevamen-

to; si precisa che il pz6 è stato costruito solo nel 2006 ed è stato spinto a una profondità di 80 m dal p.c., mentre gli altri piezometri costruiti precedentemente arrivano a una profondità di 55-60 m dal p.c..

L'andamento delle curve risulta variabile nel tempo, con rilevanti differenze tra piezometro e piezometro; la mancanza di dati in alcuni periodi è dovuta all'impossibilità di misurare (e di campionare) i piezometri in quanto al momento dei sopralluoghi risultavano asciutti.

Considerando inoltre le caratteristiche geolitologiche del terreno, per le quali il recupero di livello idrico nei piezometri avrebbe richiesto un tempo molto lungo, non sono state svolte campagne di misura aggiuntive oltre a quelle prescritte dal piano di sorveglianza e controllo della discarica.

Inoltre, a differenza di Magliano Alpi, nell'impianto di Grosso non si è riusciti a individuare una vera e propria falda idrica sotterranea e, per questo motivo, non si è potuta costruire una carta piezome-

trica, né effettuare ulteriori campagne di monitoraggio utili a chiarire la situazione idrodinamica dell'acquifero sottoposto a controllo.

DISCUSSIONE

MAGLIANO ALPI (CN)

Una prima ipotesi porterebbe ad affermare che il mezzo geologico interessato dal monitoraggio ambientale non sia un vero e proprio acquifero, ma un mezzo saturo complessivamente a permeabilità medio-bassa. Questa ipotesi è suffragata sia dal fatto che una prova di pompaggio effettuata in un pozzo di spurgo è stata interrotta a causa del prosciugamento dello stesso sia dalla notevole difficoltà di spurgo dei piezometri precedente ai campionamenti di controllo (BOVE *et al.* 2009).

Tale permeabilità complessivamente medio-bassa potrebbe essere ricondotta alla presenza di lenti di terreno più permeabile (sabbie, sabbie limose) in una matrice limosa e limoso-sabbiosa meno permeabile. I livelli più produttivi potrebbero non avere un collegamento idraulico continuo su tutta l'area indagata e, quindi, le diverse modalità sia di ricarica sia di svuotamento degli stessi potrebbero tradursi in differenti altezze nei vari piezometri in quanto questi intercetterebbero differenti livelli produttivi.

GROSSO (TO)

Visti i risultati dei campionamenti per le campagne di monitoraggio effettuate dall'ente gestore, si è giunti alla conclusione che esistono intercalazioni lentiformi a granulometria fine che danno origine a embrionali falde sospese, tuttavia non assimilabili a una vera e propria falda superficiale.

L'alimentazione di queste falde sospese avviene in parte per infiltrazione diretta degli apporti meteorici e in parte dalle pendici dei rilievi montuosi posti a ovest del sito in esame.

Ad avallare tale ipotesi sono i dati di soggiacenza dei piezometri di controllo che, realizzati in questi livelli scarsamente permeabili, hanno sempre fatto riscontrare ridottissimi battenti idrici, tali da ostacolare lo stesso campionamento delle acque di falda. I piezometri sono localmente risultati asciutti, a testimoniare la ridottissima entità delle acque di percolazione che, dalla superficie, riescono effettivamente ad infiltrarsi nel sottosuolo e a formare piccole falde sospese.

Nel caso dell'impianto di Grosso, gli studi di dettaglio hanno ipotizzato la presenza di una falda idrica sotterranea che si imposta ad una profondità di circa 130 metri dal piano campagna, e che risulta protetta, oltre che

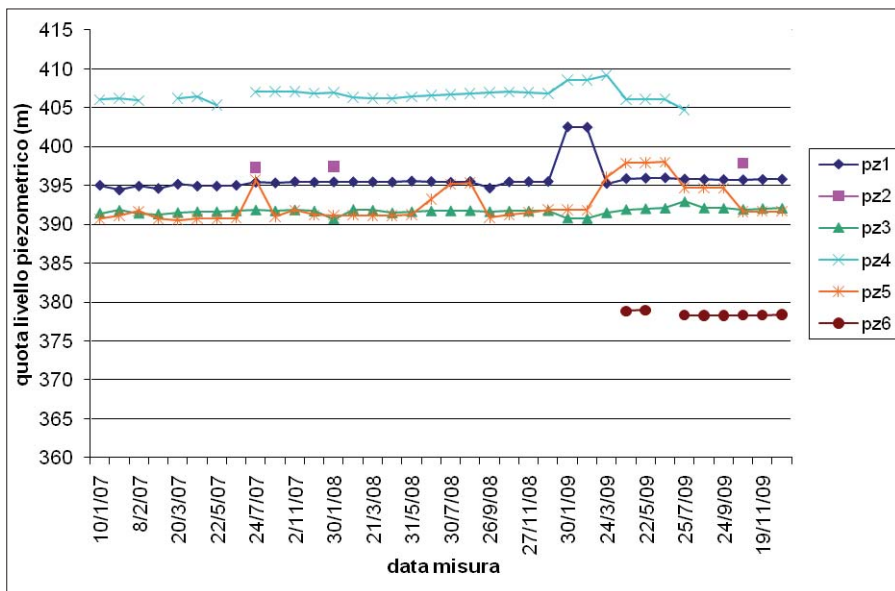


Figura 11 – Livelli piezometrici misurati da gennaio 2007 a novembre 2009 nei sei piezometri di monitoraggio dell'impianto di Grosso.

Durante le prospezioni o in fase successiva deve essere individuata la conducibilità idraulica delle diverse unità geologiche presenti nell'area, in quanto questo permette di identificare le vie di circolazione idrica preferenziali e quindi di potenziale migrazione degli inquinanti.

Si possono registrare tuttavia difficoltà in quanto i mezzi geologici sono solitamente caratterizzati da anisotropia ed eterogeneità. La prima può inizialmente essere individuata mediante la ricostruzione geologica e successivamente evidenziata dall'esecuzione di prove per la misura delle componenti orizzontale e verticale della conducibilità idraulica. La seconda può essere affrontata in termini stocastici, ricorrendo all'elaborazione con metodi geostatistici dei valori misurati.

La conducibilità idraulica può essere determinata in situ prevalentemente mediante slug test e prove di pompaggio.

Tali prove sono state svolte dall'impianto di Magliano Alpi nel maggio 2011 al fine di verificare il comportamento idrodinamico dei piezometri.

Nei piezometri non soggetti a svuotamento durante la fase di spurgo, è stato possibile utilizzare un'elettropompa sommersa a regolazione variabile continua di velocità (procedura EPA 540/P-91/007), mentre per i piezometri che si svuotano rapidamente a normali portate di spurgo si è utilizzato il "Low Flow Sampling" (EPA 540/S-95/504) utilizzando un'elettropompa 12 Vcc a bassa portata finemente regolabile, con cella di flusso accoppiata.

Vista poi la grande differenza nel tempo di svuotamento tra i piezometri, si è deciso di quantificare la conducibilità idraulica del terreno acquifero in prossimità dei piezometri; sono quindi state svolte prove rapide dell'ac-

quifero (Slug Test), interpretate secondo il metodo Bouwer e Rice (1976):

$$K = [r_c^2 \ln (R_e/r_w)] / 2L * 1/t * \ln y_0/y_t$$

K = conducibilità idraulica
 r_c = raggio della colonna piezometrica
 r_w = distanza radiale tra l'acquifero indisturbato e il centro del piezometro
 R_e = distanza radiale lungo la quale la perdita di carico y è dissipata nel sistema acquifero

L = lunghezza del tratto fessurato del piezometro

y_0 = perdita di carico al tempo $t = 0$
 y = perdita di carico al tempo t

Tali test hanno confermato l'elevata variabilità della conducibilità idraulica dei terreni acquiferi sotterranei. Grazie alla campagna di slug test sono stati riconosciuti tre distinti domini di permeabilità: un dominio a conducibilità idraulica medio-bassa, un dominio a conducibilità idraulica bassa e un dominio a conducibilità idraulica molto bassa, sottolineando che non si può parlare di un vero e proprio acquifero.

Quindi, riassumendo, possiamo dire che l'attività di monitoraggio delle acque sotterranee deve essere basata su una preventiva ricostruzione del modello idrogeologico e delle modalità di flusso idrico sotterraneo, finalizzata all'individuazione delle zone bersaglio in cui realizzare pozzi e piezometri di monitoraggio. La strategia di campionamento deve identificare già in fase iniziale gli obiettivi di qualità del dato all'interno di procedure di assicurazione di qualità, in modo tale che possano essere riconosciute le incertezze legate alla rappresentatività del dato in vicinanza di valori limite di intervento, prima dell'eventuale attivazione di opere di risanamento.

Nel caso di opere già esistenti, come per i due casi studio analizzati, occorrerebbe almeno stabilire un criterio di ordine generale (come effettuato dall'ente gestore dell'impianto di Magliano Alpi) che, vista la diversità insita nei diversi piezometri di controllo, consenta un corretto uso e un'adeguata manutenzione degli stessi. La discarica di Magliano ha comparato diverse procedure tecniche statunitensi (EPA 540/P-91/007; EPA 540/S-95/504; U.S.G.S.) e ha creato un "Libretto d'uso e manutenzione" per i piezometri dell'impianto.

Tuttavia si sottolinea che, al fine di raggiungere migliori obiettivi ambientali e di ottimizzare gli aspetti tecnico-economici legati alla gestione dell'impianto, nonché per un'efficace tutela della matrice geologico-ambientale, queste tipologie di opere dovrebbero essere riservate al primo livello acquifero continuo posto al di sotto della discarica.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. ISPRA (2010) – *Rapporto rifiuti urbani 2009*.
 BORTOLAMI G., DE LUCA D.A., FILIPPINI G. (1988) – *Caratteristiche geolitologiche e geoidrologiche della pianura torinese*, in: «*Le acque sotterranee della pianura di Torino. Aspetti e problemi*», Ass. Ecol. Prov. Torino, M./S.Lit. Torino, 9-16.
 BOUWER H., RICE C. (1976). *A slug test for determining hydraulic conductivity for unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells*, Water Resources Research, vol. 12, n. 3, pagg. 423-438.
 BOVE A., COGGIOLA F., FONTE N., MASCIUCCO L. (2009) – *Some problematic aspects of piezometric and qualitative monitoring by landfills: the example of Magliano Alpi plant (Cuneo – Piedmont)*. VII Forum Italiano di Scienze della Terra, Epitome, Volume 3, 2009, ISSN 1972-1552, Epitome.03.0378, pag. 129.
 BOVE A., DESTEFANIS E., DE LUCA D. A., MASCIUCCO L., OSSELLA L., TONUSSI M. (2005) – *Studio idrogeologico finalizzato alla caratterizzazione dell'acquifero superficiale nel territorio di pianura della provincia di Torino, "Carta delle isopiezometriche della falda idrica a superficie libera"*, in "Idrogeologia della pianura piemontese", Regione Piemonte.
 GOLDR ASSOCIATES S.r.l. (2008) – *Studio idrogeologico del settore della "Vauda Grande" in corrispondenza alla discarica per rifiuti non pericolosi, nel Comune di Grosso (TO)* – Relazione conclusiva, Torino.
 PROVINCIA DI TORINO, ASSESSORATO ALLE RISORSE IDRICHE ED ATMOSFERICHE (2002) – *Le acque sotterranee della provincia di Torino - Carta della base dell'acquifero superficiale*, Torino.
 PROVINCIA DI TORINO, SEZIONE ITALIANA ACQUE SOTTERANEE DELL'ASSOCIAZIONE GEORISORSE E AMBIENTE (1999) – *Giornata di studio su "L'impatto delle attività di smaltimento di rifiuti solidi sulle risorse idriche sotterranee"* - Torino.
 XUENDE Q., KOERNER R., GRAY D., (2002) – *Geotechnical aspects of landfill design and construction*, Prentice Hall.

Valutazione dell'erosione nel territorio del Freisa del Piemonte centrale (provincia di Asti)

ROBERTO AJASSA

CATERINA CAVIGLIA

ENRICO DESTEFANIS

GIUSEPPE MANDRONE

LUCIANO MASCIOTTO

Università degli Studi di Torino
Dipartimento di Scienze della Terra

ABSTRACT

In the paper, the potential soil loss has been evaluated by means of the USLE model at one of the hilly sites candidate as "Typical Piedmont Vineyard Landscapes: Langhe, Monferrato, Roero" to the World Heritage List of UNESCO.

The study area is defined as "Core 1 – Freisa" and its territory is included within the municipalities of Albugnano, Castelnuovo Don Bosco, Moncucco Torinese and Pino d'Asti all in the Asti district.

It is located along the north-western boundary of the Piedmont central hill system, outlined by a wide ridge crown converging towards the Chieri Plain, near the administrative border of the Turin district. The territory possess a historical viticulture tradition, characterized by the culture of the autochthon vines of Freisa and Malvasia. The viticulture is diffused on the sunny slopes, with high quality production and increasing extension; an intricate shrub and wood vegetation grows on the steeper slopes and the lateral watershed. The rich culture mosaic presents parcels of small size also with semi-native cultures, separated by tree fruit rows. The historical settlements are located on the height sites (characteristic is the Albugnano borough), while the rural settlements occurs in isolated or aggregated buildings, disposed on the better exposed slopes. Among the significant historical sites, excels the Vezzolano Abbey, low medieval complex of regional relevance.

The USLE method has been applied in the study for evaluating sheet water erosion. For that scope, the main factors causing erosive processes have been computed from experimental or literature data: rainfall erosivity, soil erodibility, topography of the slopes (length and slope), cropping factor, conservation practice factor. In particular the difference of potential erosion at the vineyard slopes has been evidenced in presence or not of a grass cover among the vine rows.

KEYWORDS

Soil loss, landslide susceptibility, Piedmont, hill territories, terroir of Freisa.

1. INTRODUZIONE

Il dissesto idrogeologico ha origine dall'azione dello scorrimento delle acque superficiali e sotterranee e si manifesta nelle forme più evidenti attraverso l'erosione torrentizia e le frane. In Piemonte le aree maggiormente colpite da questo fenomeno sono i versanti collinari, che per la natura dei terreni sono interessati principalmente da frane superficiali ed erosione accelerata

In questo lavoro è stata analizzata una porzione di territorio compresa nel sistema collinare centrale del Piemonte, nel settore nord-occidentale della Provincia di Asti, al confine con la Provincia di Torino: tale area comprende i comuni di Albugnano, Castelnuovo Don Bosco, Pino D'Asti e Moncucco Torinese (Fig. 1).

Questa zona, caratterizzata dalla coltivazione dei vitigni autoctoni di Freisa e Malvasia, fa parte dei paesaggi vitivinicoli

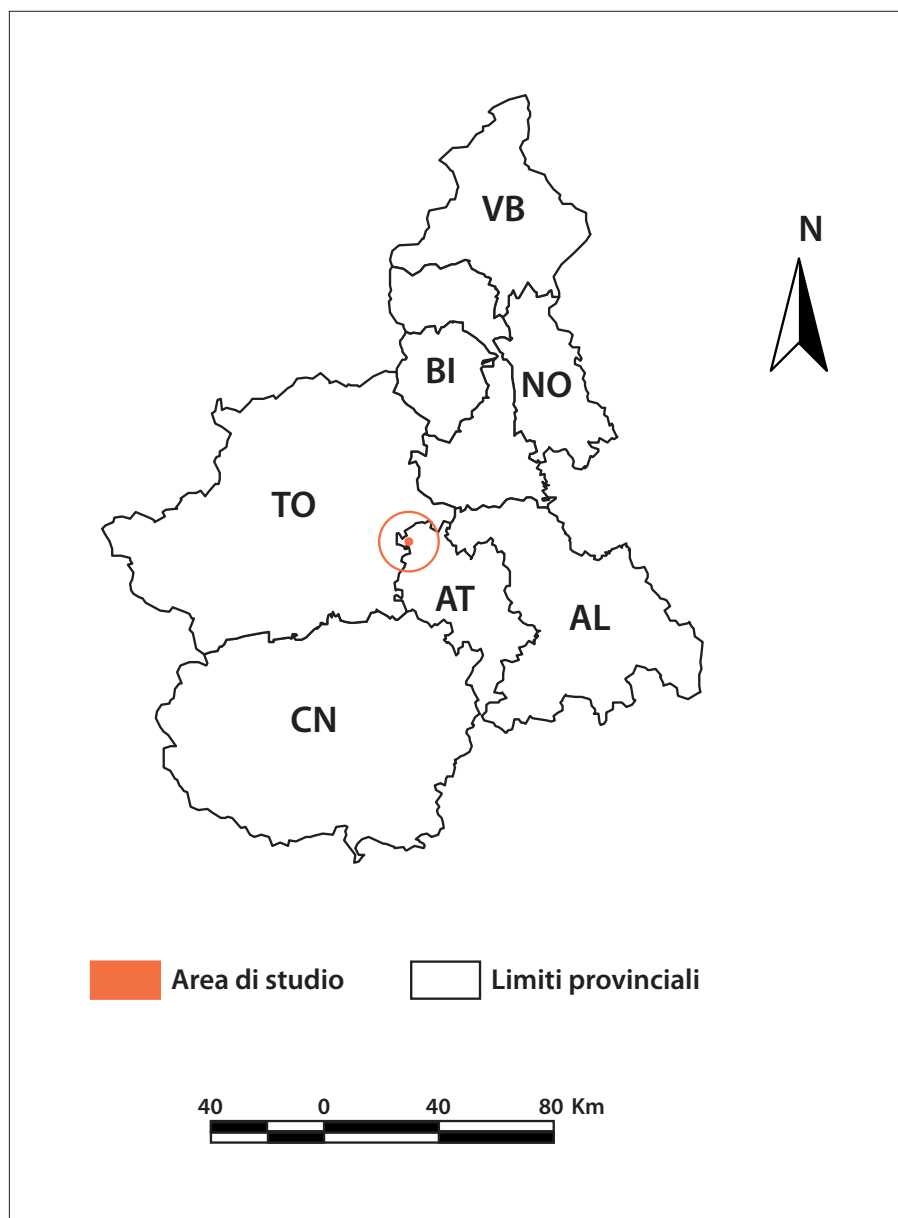


Figura 1 – Ubicazione dell'area di studio.

di Langhe e Monferrato candidati all'Unesco come patrimonio dell'umanità, con la denominazione di Core 1 Freisa.

L'intento di questo studio è quello di quantificare l'erosione specifica nel territorio collinare piemontese del Freisa per mezzo di formule empiriche (metodo USLE - Universal Soil Loss Equation) applicate a sistemi informativi territoriali GIS, differenziando due situazioni possibili, e cioè vigneto in presenza di copertura erbosa e vigneto privo di copertura erbosa.

Il metodo utilizzato per la valutazione dell'erosione idrica laminare è il modello USLE (*Universal Soil Loss Equation*, Wischmeier & Smith, 1978), che prende in considerazione i sei principali fattori agenti nel processo erosivo, cioè erosività della pioggia, erodibilità del suolo, lunghezza e pendenza del versante, fattore copertura vegetale e fattore pratiche conservative, il cui prodotto fornisce il valore medio annuale delle perdite di suolo, in t/ha, riferite all'appezzamento studiato.

Uno dei fattori determinanti del metodo USLE nella valutazione dell'erosione è la copertura erbosa, che è fondamentale nella protezione di un territorio collinare dall'erosione accelerata, ma spesso veniva rimossa dalle pratiche agricole. Attualmente viene sempre più praticata la tecnica dell'inerbimento, soprattutto nelle zone ad elevata piovosità per contrastare l'erosione dei vigneti in pendio.

Al fine di preservare le caratteristiche di questo territorio, mediante il modello USLE, viene dunque valutato l'effetto dell'erosione accelerata nel caso di vigneti in cui sia praticata o meno la rimozione della copertura erbosa. I risultati hanno permesso di produrre una cartografia che mostra la distribuzione areale del rischio di erosione accelerata.

2. CENNI STORICI SUL FREISA

La presenza di coltivazioni a Freisa sulle colline del Piemonte è nota da un periodo di tempo di almeno 500 anni. Le "carrate" e "*somate fresearum*" sono già citate in una tariffa di pedaggio di Pancalieri nel 1517. Il freisa veniva già considerato tra i vini più pregiati e stimato il doppio del vino comune. Nel 1500, durante le frequenti epidemie di peste, la Freisa era considerata a Chieri come unico rimedio contro il contagio.

La prima descrizione dedicata alla "Freisa" risale alla fine del 1700 ed è quella del Conte Giuseppe Nuvolone-Pergamo, direttore dell'Orto Sperimentale della Reale Società di Agricoltura di Torino che inserisce il vitigno fra le uve nere piemontesi di prima qualità.

Alla fine del 1800 la zona del Freisa si delinea chiaramente tra i circondari di Asti e Torino: la coltivazione della Freisa venne intensificata, per la sua caratteristica di resistere all'attacco della peronospora. Nel

1972 il Freisa d'Asti ottiene il riconoscimento DOC. Oggi la si coltiva in 116 comuni ma la produzione si concentra intorno al comune di Castelnuovo Don Bosco. Freisa d'Asti e Freisa di Chieri sono le due DOC legate alla regione storica di coltivazione del Freisa.

Attualmente il Freisa sta vivendo un periodo di valorizzazione. Studi genetici recenti, compiuti da Schneider e collaboratori del CNR-IVV di Torino con metodi di biologia molecolare sui vitigni piemontesi, hanno evidenziato il legame di parentela di primo grado tra il Nebbiolo e il Freisa. Probabilmente il Nebbiolo si è originato da un semenzale di Freisa o forse più probabilmente, secondo le fonti storiche note fino a oggi, l'uva Freisa è il risultato di un incrocio spontaneo del Nebbiolo con un altro genitore scomparso o ancora sconosciuto (Schneider, 2003).

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E PEDOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO

La morfologia del sito è connotata da rilievi collinari strutturalmente omogenei, il cosiddetto Bacino Terziario Piemontese, generatosi dal sollevamento tettonico di depositi marini di età oligo-miocenica, che raggiungono mediamente i 500-700 m di quota.

Nell'area di studio affiorano i depositi del Bacino Terziario Piemontese: da nord a sud le formazioni che affiorano, in base alla cartografia dei Fogli Geologici d'Italia alla scala 1:100000, Vercelli (57) e Torino (56) (Servizio Geologico d'Italia, 1969), sono: la Formazione di Baldissero (di età Serravalliano sup. - Langhiano, costituita da argille siltose fossilifere, sabbie fossilifere e conglomerati con elementi prevalentemente serpentinosi); le Marne di Sant'Agata Fossili (di età Tortonian - Serravalliano sup., formate da marne e argille grigio-azzurre, passanti inferiormente ad alternanze centimetriche di argille azzurre e sabbie rossastre, con rari microfossili); la Formazione Gessoso Solifera (di età Messiniana, formata da argille e marne grigio-brunastre o biancastre, localmente gessifere, a concrezioni calcaree, con subordinate intercalazioni di calcari marnosi vacuolari e di sabbie o arenarie, con rari microfossili); le Argille di Lugagnano (di età Pliocene medio-inf., formate da argille e silt azzurrognoli con intercalazioni di sabbie giallastre, ricche di macrofauna marina e microfauna); le Sabbie di Asti (sabbie gialle con banchi di arenarie e di calcari arenacei a fauna di mare basso e resti vegetali, di età Pliocene sup.). Sono poi presenti a sud dell'area i depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi degli alvei attuali dei corsi d'acqua principali di età olocenica.

Viene di seguito riportato lo schema geologico dell'area (Fig. 2).

Relativamente alle caratteristiche pedologiche dell'area, i suoli presenti sul territorio

sono classificati in base alle unità tipologiche di suolo (UTS) del catalogo regionale dei suoli capisaldo (Regione Piemonte, 2010). Nell'area di studio essi sono rappresentati prevalentemente da entisuoli di collina a tessitura fine, di composizione argilloso fine-limoso (denominati AGL3, ARA1, OLI1) entisuoli di collina a tessitura grossolana (OTT1, VNC1, VNC2), e inceptisuoli di pianura non idiomorfi e non ghiaiosi, prevalentemente limosi (FAM1), come visualizzato in Fig. 3.

Per quanto concerne la gestione di questi suoli, in particolare gli entisuoli di collina a tessitura grossolana, le carenze chimiche del suolo, la possibilità di deficit idrico estivo e la pendenza notevole dei versanti, ne condizionano fortemente i possibili utilizzi agronomici. In effetti la viticoltura, la corilicoltura e la frutticoltura, paiono gli unici utilizzi consigliabili se affiancati ad opportune pratiche agronomiche.

La viticoltura, la frutticoltura e l'arboricoltura possono essere effettuate, senza il rischio di innescare fenomeni erosivi di notevole entità, solo con appropriate pratiche agronomiche e culturali: i filari dovrebbero essere sempre posti lungo le linee di livello e mai a rittochino, il terreno tra le file dovrebbe essere mantenuto inerbito per limitare l'effetto dell'energia cinetica delle gocce di pioggia, l'utilizzo delle macchine dovrebbe essere ridotto al minimo indispensabile (IPLA, 2010).

4. EROSIONE ACCELERATA

L'erosione è il fenomeno per cui la superficie terrestre, a causa di agenti esogeni (acque meteoriche, vento, ghiacciai, cicli di gelo e disgelo), subisce una continua degradazione e asportazione di materiale.

Nel caso in esame, si terrà conto esclusivamente dell'erosione idrometeorica, che è da considerare tra i principali fattori che causano i fenomeni erosivi in Italia e specialmente in Piemonte. Nell'erosione normale (o erosione geologica), la velocità dell'asportazione del materiale è sufficientemente lenta, per cui la velocità di formazione del suolo, per disgregazione e alterazione delle rocce, compensa le perdite subite e così, per effetto di questo equilibrio, lo spessore del suolo si mantiene pressoché inalterato.

L'erosione accelerata, invece, si ha quando l'asportazione dei detriti è molto maggiore della formazione del suolo.

Uno dei principali fattori che provocano l'accelerazione del fenomeno erosivo è la rimozione della copertura vegetale dal terreno, pratica agricola molto comune soprattutto nella coltivazione della vite. In tempi recenti si è andata sempre più diffondendo però la pratica dell'inerbimento del vigneto: l'inerbimento è una tecnica praticata da molto tempo, soprattutto nelle zone ad elevata pio-

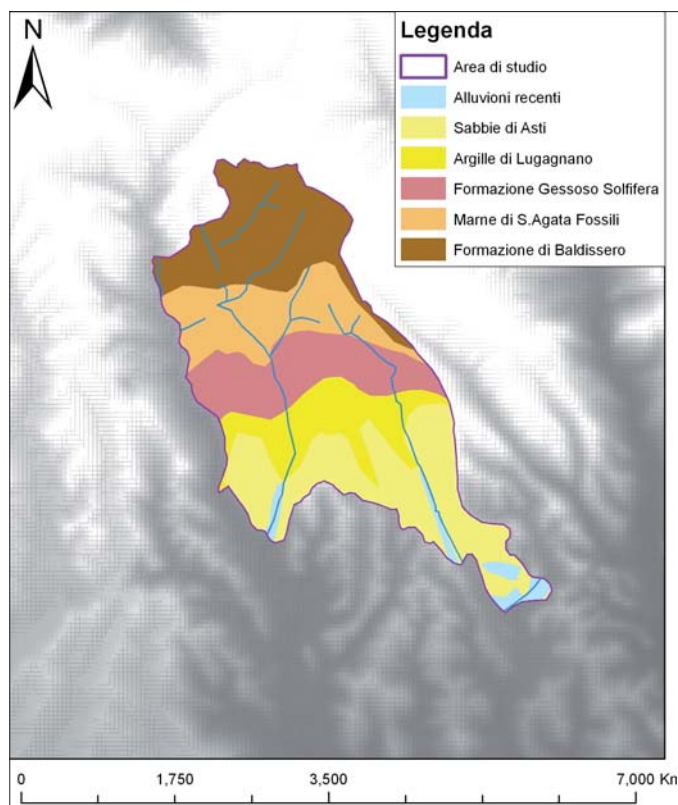


Figura 2 – Schema geologico dell'area di studio.

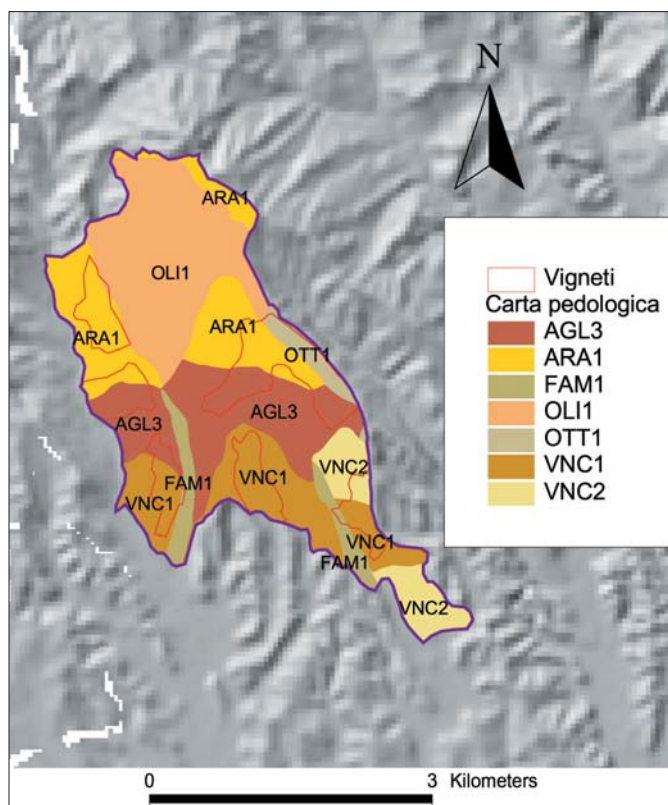


Figura 3 – Carta pedologica dell'area di studio.

vosità, per lottare contro l'erosione dei vigneti in pendio.

La "consociazione vite-prato" è infatti il modo più avanzato di produzione, di difesa della fertilità, di mantenimento degli equilibri vegeto-produttivi e ambientali con il minor impegno di interventi colturali ed è inoltre in grado di equilibrare l'interazione clima-vitigno-terreno (AA.VV., 2004).

5. METODOLOGIA UTILIZZATA PER IL CALCOLO DELL'EROSIONE ACCELERATA

In questo lavoro è stato utilizzato il Metodo USLE (*Universal Soil Loss Equation*, Wischmeier & Smith, 1978) per la previsione dell'erosione idrica laminare. Si tratta di un modello parametrico su base empirica che fornisce una stima della perdita annua di suolo causata dall'erosione idrica superficiale in parcelle omogenee per dimensione, caratterizzate in base al tipo e all'uso del suolo, ai fattori topografici, alle tecniche di gestione ed all'aggressività delle precipitazioni. Questo metodo, dalla semplice struttura, si integra bene con l'utilizzo di sistemi informativi geografici (GIS), che permettono di realizzare l'analisi spaziale dei fattori coinvolti nella valutazione del processo erosivo. La quantità di suolo eroso A, espressa in t/ha anno, viene calcolata in base alla seguente formula:

$$A = R K L S C P$$

dove:

R = fattore di erosività della pioggia

K = fattore di erodibilità del suolo

L = lunghezza del pendio

S = pendenza del pendio

C = fattore di pratica colturale

P = fattore pratiche di controllo dell'erosione

5.1 METODO DI CALCOLO DEI SINGOLI PARAMETRI CONSIDERATI

5.1.1 Fattore di erosività della pioggia R

$$R = (E * I_{30}) / 2540$$

E = energia specifica dell'evento di pioggia, data dalla seguente equazione:

$$E = 916 + 313 * \log(I_{30} / 25.4)$$

I_{30} [mm/ora] = massima intensità di pioggia relativa ad una durata di 30 minuti, ottenuta dai dati di precipitazione della rete di monitoraggio ARPA Piemonte, prendendo come riferimento la stazione pluviometrica più vicina all'area di studio, e cioè quella di Marentino. È stata quindi calcolata l'equazione della curva di probabilità pluviometrica per tempo di ritorno 10 anni mediante la formula (Gumbel, 1941):

$$h = a * t^n$$

Per un'altezza di pioggia di durata 0,5 ore (h_{30}) la relativa intensità oraria è stata calcolata mediante la formula:

$$I_{30} = h_{30} / 0.5$$

5.1.2 Fattore di erodibilità del suolo K

Il fattore K di erodibilità del suolo di copertura [t/(ha anno R)] è stato determinato

servendosi di appositi abachi in base alla percentuale di materiale fine (<0,1 mm), a quella di materiale grossolano (0,1-2,0 mm), a quella di materia organica, alla struttura del suolo e alla sua permeabilità (Wischmeier & Smith, 1978). I suoli dell'area di studio sono stati quindi distinti in 5 classi di erodibilità nella cartografia vettoriale riportata in Fig. 4.

5.1.3 Fattori lunghezza del pendio L e pendenza del pendio S

Relativamente ai fattori L ed S e la re-dazione dei relativi strati informativi, sono state utilizzate delle specifiche funzioni del software ArcGis.

I dati di partenza sono stati tratti dal modello digitale del terreno (DEM) della Regione Piemonte con risoluzione 50 m. Il DEM è stato inizialmente corretto dalla presenza di eventuali imperfezioni (sink) per le aree depresse circondate da quote altimetriche più elevate.

Per il calcolo dei parametri L ed S si è fatto riferimento alla formula proposta da Mitaso-va *et al.* (1996):

$$LS = (\text{Flow acc} * \text{cell size} / 22.13)^{0.4} * [(\sin(\text{slope}) * 0.01745) / 0.09]^{1/4}$$

dove Flow Accumulation e Slope sono strati informativi raster, calcolati per mezzo del software ArcGis, che indicano rispettivamente l'accumulo del flusso idrico e la pendenza del suolo. Cell size indica la risoluzione del DEM (o passo della griglia). Per quanto riguarda le

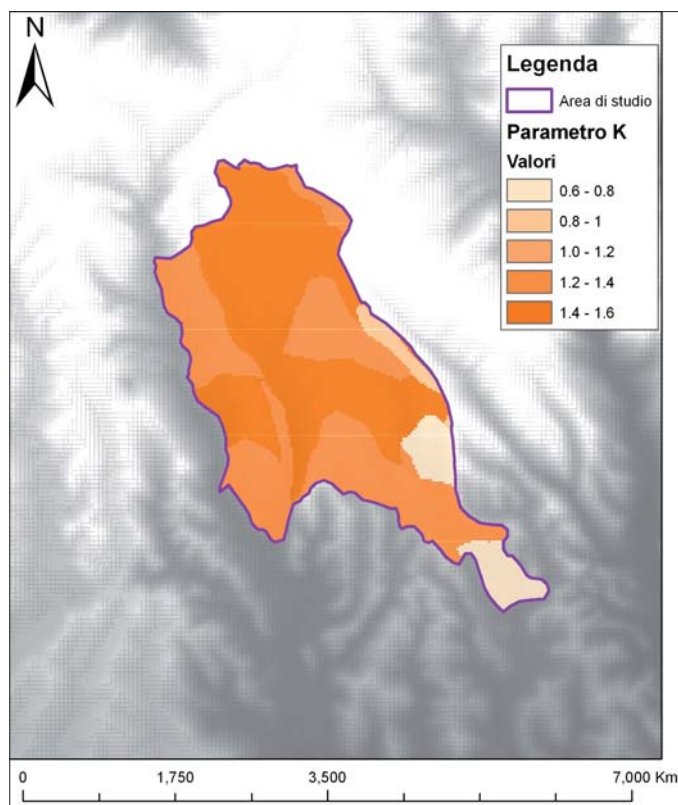


Figura 4 – Carta del fattore di erodibilità K.

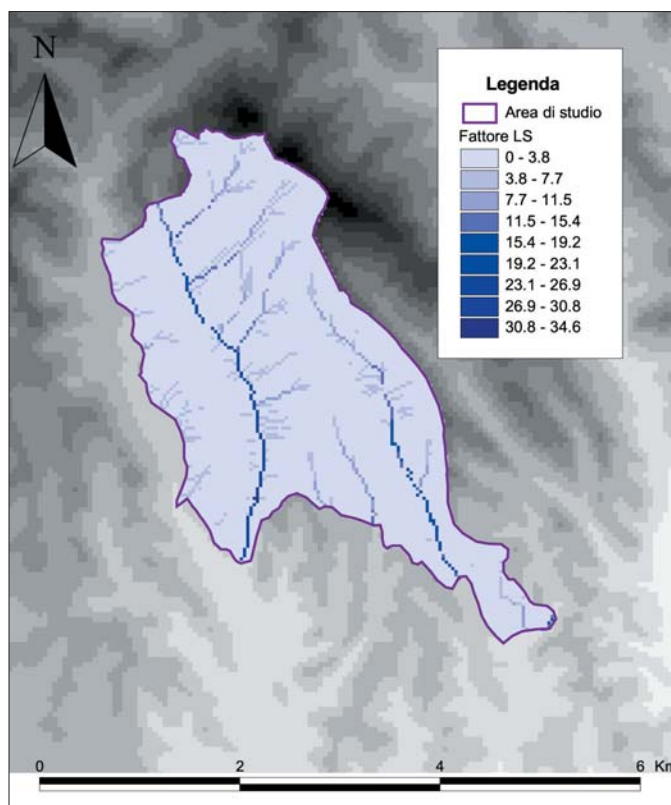


Figura 5 – Carta del fattore LS calcolato per l'area di studio.

Valori del coefficiente C dell'uso del suolo utilizzati nel presente studio.

Classe uso suolo	C
Prati stabili	0.050
Vigneti senza copertura erbosa	0.35
Zone boscate	0.007
Vigneti con copertura erbosa	0.003
Zone residenziali	0.030
Sistemi culturali e particellari complessi	0.240
Aree occupate da colture agrarie con spazi naturali importanti	0.040

pendenze, i valori medi calcolati sono di 10°, mentre il valore massimo è di 30°.

La carta relativa al fattore LS è riportata in Fig. 5.

5.1.4 Fattore di pratica culturale C

Questo coefficiente adimensionale, che reca informazioni sull'uso del suolo del settore di studio, è stato ottenuto dalla carta dell'uso del suolo Corine Land Cover 2006 (Ispra 2010), attribuendo ad ogni tipologia di uso del suolo un valore, in accordo con i dati di letteratura (Tab. 1). Sono stati distinti i casi di vigneto con o senza copertura erbosa utilizzando un diverso coefficiente C (Franzese *et al.*, 2005). Quindi è stata realizzata una griglia della distribuzione dei valori di C sull'area (Fig. 6).

5.1.5 Fattore pratiche di controllo dell'erosione P

Coefficiente adimensionale variabile tra 0 e 1, per il quale è stato assunto un valore unitario cautelativo.

6. RISULTATI OTTENUTI: DISTRIBUZIONE DELL'EROSIONE POTENZIALE

Il metodo in precedenza descritto è stato quindi applicato a due differenti situazioni potenzialmente presenti nell'area di studio: in primo luogo, nel caso di vigneti con copertura erbosa; quindi, nel caso di vigneti senza copertura erbosa.

6.1 VIGNETI CON COPERTURA ERBOSA

In presenza di copertura erbosa del terreno, l'applicazione del metodo USLE ha evidenziato come i fenomeni erosivi si riscontrino prevalentemente in prossimità delle zone di deflusso delle acque superficiali. Le aree interessate dai valori più elevati di erosione sono piuttosto limitate, come mostra la cartografia (Fig. 7). Il tasso di erosione media annua calcolato è di 0.3 t/ha nelle zone coltivate a vigneto.

6.2 VIGNETI SENZA COPERTURA ERBOSA

Il metodo USLE è stato quindi applicato all'area di studio considerando un terreno

privo di copertura erbosa. Senza copertura erbosa, i fenomeni erosivi occupano aree più vaste dell'intero territorio interessando anche i versanti, come si può notare dalla cartografia (Fig. 8). Le zone più colpite risultano proprio quelle occupate dai vigneti. In questo caso il tasso di erosione media annua è stato stimato di 16.1 t/ha nelle zone coltivate a vigneto.

7. CONCLUSIONI

In questo lavoro l'applicazione del metodo USLE integrato con sistemi GIS per il calcolo dell'erosione accelerata ha evidenziato come l'erosione nel territorio considerato aumenti significativamente in assenza di copertura erbosa del vigneto.

In particolare, in presenza di copertura erbosa del terreno, l'applicazione del metodo USLE ha evidenziato come i fenomeni erosivi si riscontrino prevalentemente in prossimità delle zone di deflusso delle acque superficiali, mentre nel caso di terreni senza copertura erbosa, i fenomeni erosivi occupano aree più vaste, interessando anche i versanti. Le zone più colpite risultano proprio quelle occupate dai vigneti.

In questo lavoro, i sistemi GIS si sono rivelati molto efficaci nella realizzazione degli strati informativi raster recanti le informazioni necessarie alla valutazione dell'erosione. Tuttavia, per ottenere buoni risultati, sarebbe necessario disporre di informazioni più dettagliate riguardanti le caratteristiche geografiche (DEM) e litopedologiche del terreno.

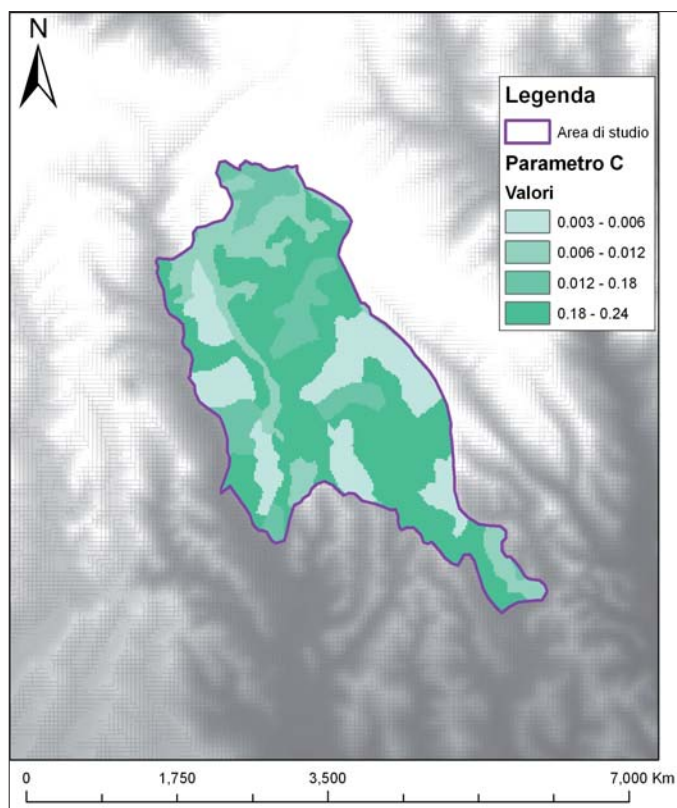


Figura 6 – Carta che mostra la distribuzione del fattore C nell'area di studio.

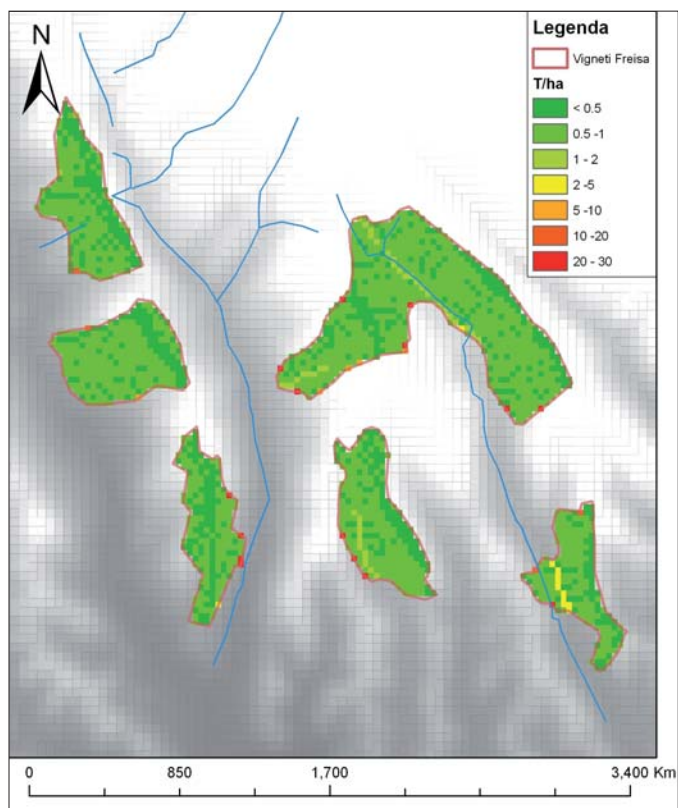


Figura 7 – Carta dell'erosione potenziale in presenza di copertura erbosa.

Si sottolinea quindi l'importanza delle pratiche di conservazione del suolo, come l'inerbimento, per un territorio così pregiato.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (2004) - Guida per il viticoltore. Veneto Agricoltura.
- I.P.L.A., REGIONE PIEMONTE (2010) - *La Carta della capacità d'uso dei suoli del Piemonte a scala 1:250.000 con Note illustrative*. Selca, Firenze www.regione.piemonte.it/agri/suoli_terreni/index.htm
- P. P. FRANZESE, R. MELCHIORRE, A. SCOPA (2005) - *Erosione del suolo: l'applicazione del modello USLE al territorio della Regione Basilicata*. Ecodinamica-Biologi Italiani 2005.
- ISPRA-ISTITUTO SUPERIORE PER LA PROTEZIONE E LA RICERCA AMBIENTALE (2010) - *La realizzazione in Italia del Progetto Corine Land Cover 2006*. Rapporti Ispra 131/2010.
- MITASOVA H., J. HOFIERKA, M. ZLOCHA, R. L. IVERSON (1996) - *Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS*. Int. Journal of Geographical Information Science, 10(5), 629-641.
- REGIONE PIEMONTE (2010) - *Catalogo regionale dei suoli capisaldo*. http://www.regione.piemonte.it/agri/suoli_terreni/suoli1_50/capisaldo.htm
- SCHNEIDER A., BOCCACCI P., BOTTA R. (2003) - *Genetic relationships among grapevine cultivars from North-Western Italy*. Acta Horticulturae, 603: 229-235.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1969) - *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000*, Fogli 56-57 (Torino e Vercelli). Poligrafico dello Stato.
- WISCHMEIER, W.H. & D.D. SMITH (1978) - *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. Agriculture Handbook No. 537. USDA/ Science and Education Administration, US Govt. Printing Office, Washington, DC. 58 pp.

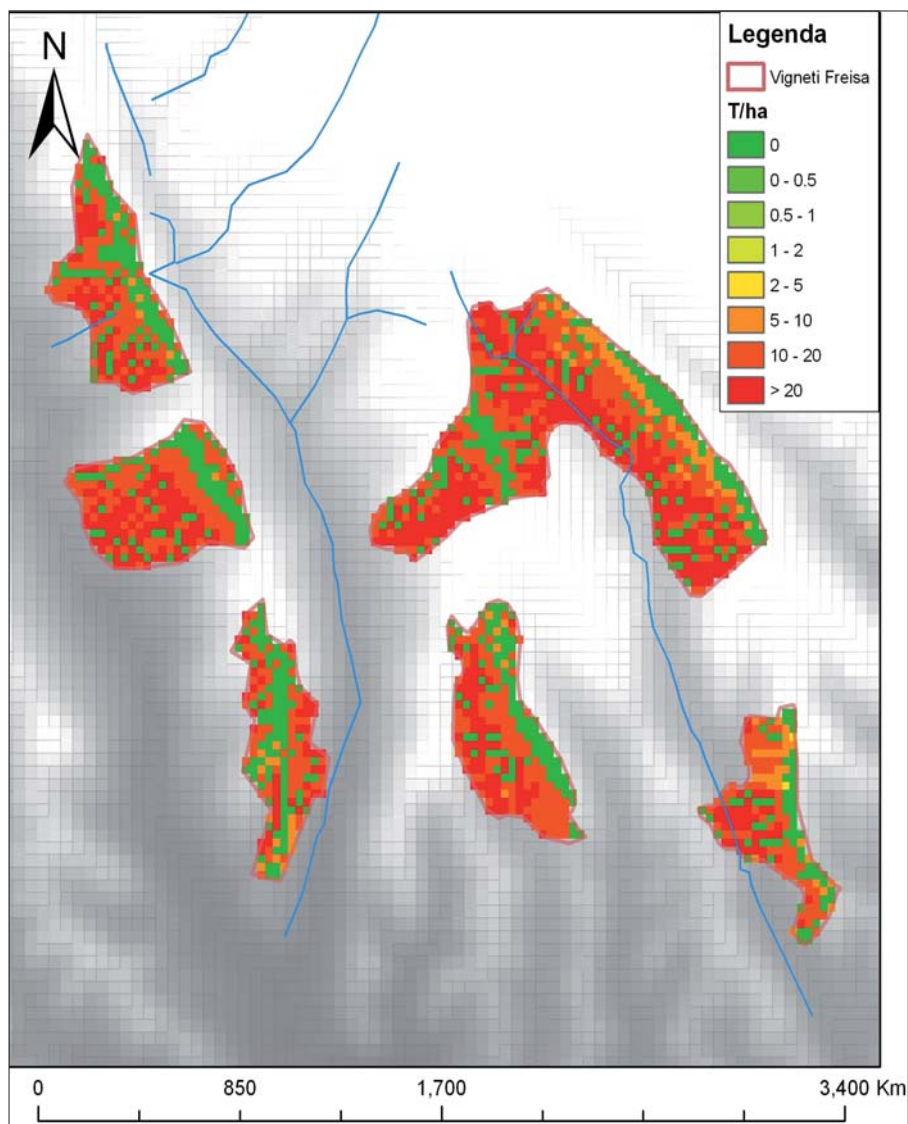


Figura 8 – Carta dell'erosione potenziale in assenza di copertura erbosa.

La gestione delle risorse idriche nel territorio collinare del Piemonte centrale (Italia nordoccidentale)

CATERINA CAVIGLIA

DOMENICO ANTONIO DE LUCA

ENRICO DESTEFANIS

MARIA GABRIELLA FORNO

MANUELA LASAGNA

LUCIANO MASCIOTTO

Dipartimento di Scienze della Terra
Università degli Studi di Torino

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Il territorio collinare piemontese corrisponde quasi per intero ai rilievi della Collina di Torino, del Monferrato e delle Langhe ed è compreso nelle provincie di Torino, Asti, Alessandria e Cuneo (Fig. 1). Dal punto di vista geologico, tale territorio costituisce il cosiddetto Bacino Terziario Piemontese (BTP), formato da una successione di sedimenti di ambiente prevalentemente marino e subordinatamente deltizio e fluviale, di età compresa tra l'Eocene e il Pliocene (Dela Pierre *et al.*, 2003; Festa *et al.*, 2009). Questi sedimenti formano domini geologico-strutturali distinti, che poggiano su substrati differenti: i depositi della Collina di Torino e delle Langhe, su un substrato alpino; i depositi del Monferrato, invece, su unità di pertinenza appenninica (Fig. 2; Biella *et al.*, 1992). Al di sopra della successione terziaria, si sviluppano sottili e discontinue coperture di depositi quaternari di genesi fluviale, eolica e colluviale.

La successione sedimentaria è costituita da argille, silt, marne, con subordinati sabbie e conglomerati e localizzati corpi di gessi (Fig. 3). Ad eccezione delle sabbie riferibili al Pliocene inferiore-medio (Sabbie di Asti e Unità di Ferrere), questi sedimenti costituiscono un mezzo scarsamente permeabile, localmente permeabile per fratturazione.

Le Sabbie di Asti sono sabbie prevalentemente medio-fini, con stratificazione piano-parallela o prive di stratificazione, caratterizzate dalla presenza di banchi fossiliferi a faune di mare poco profondo. Laddove la sequenza deposizionale è continua, questi sedimenti sfumano verso l'alto, con un passaggio in genere transizionale, alle sabbie grossolane e ghiaie minute a stratificazione incrociata del Complesso Inferiore della successione villafranchiana (Unità di Ferrere) (Carraro *et al.*, 1996; Boano & Forno, 1999).

Questo complesso costituisce generalmente un acquifero confinato, localmente con carattere di artesianesimo; le falde ospitate hanno complessivamente una moderata produttività e vengono spesso sfruttate da pozzi acquedottistici (cfr. par. 5.1).

Situazioni idrogeologiche particolari si possono riscontrare in corrispondenza della Formazione Gessoso-Solfifera (Complesso caotico della Valle Versa in Dela Pierre *et al.*, 2003), riferibile al Messiniano, costituita da marne argillose (per lo più gessifere), argille grigie con lenti e banchi irregolari di gesso e di calcari cariati. Questa formazione è caratterizzata localmente da fenomeni di carsismo, in corrispondenza dei litotipi più solubili (gessi), ed ospita una serie di acquiferi con modesta produttività e di estensione limitata, con acque molto mineralizzate (in particolare a solfati) e non sfruttabili per uso idropotabile o irriguo.

Un altro contesto idrogeologico peculiare riguarda i Conglomerati di Cassano Spinola (Messiniano-Pliocene inferiore), che comprendono conglomerati e arenarie, con minori intercalazioni di marne sabbiose, caratterizzati da un grado di cementazione variabile: possono ospitare falde di modesta estensione e produttività nei depositi sabbiosi o ghiaiosi con minor grado di cementazione.

Ridotte possibilità di sfruttamento idrico dell'area collinare sono legate alle locali falde presenti nella copertura quaternaria.

2. BILANCIO IDROLOGICO E RISORSE IDRICHE

Al fine di fornire una valutazione preliminare sulla situazione delle risorse idriche nel

territorio collinare è stato calcolato il bilancio idrologico, utilizzando la seguente equazione:

$$P = ET_R + IE + R$$

dove:

- P = piovosità media annua;
- ET_R = evapotraspirazione reale media annua;
- IE = infiltrazione efficace media annua.

2.1 PRECIPITAZIONI MEDIE ANNUE

Per il calcolo della piovosità media annua, sono stati utilizzati i dati relativi

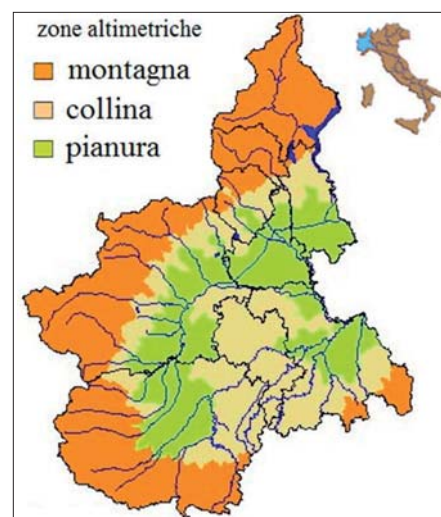


Figura 1 – Il territorio collinare in Piemonte.

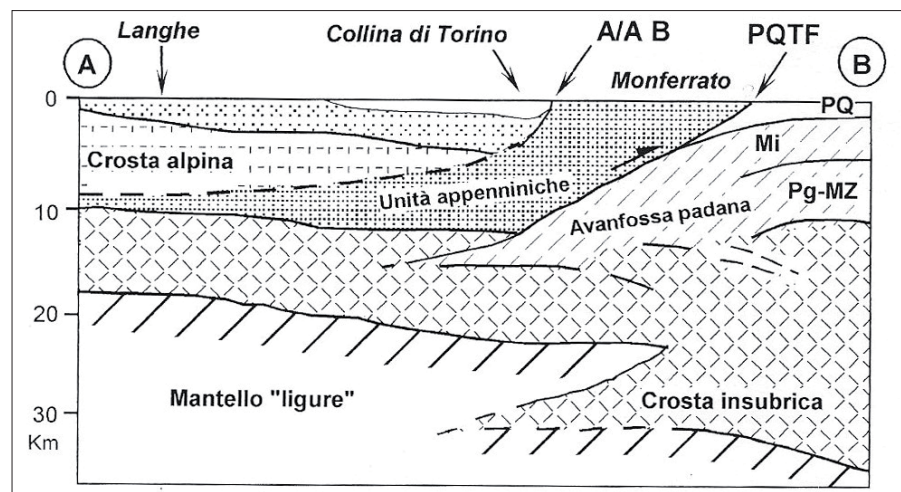


Figura 2 – Sezione geologico strutturale in cui si osservano i rapporti tra i sedimenti costituenti i rilievi delle Langhe, del Monferrato e della Collina di Torino (da Biella *et al.*, 1992).

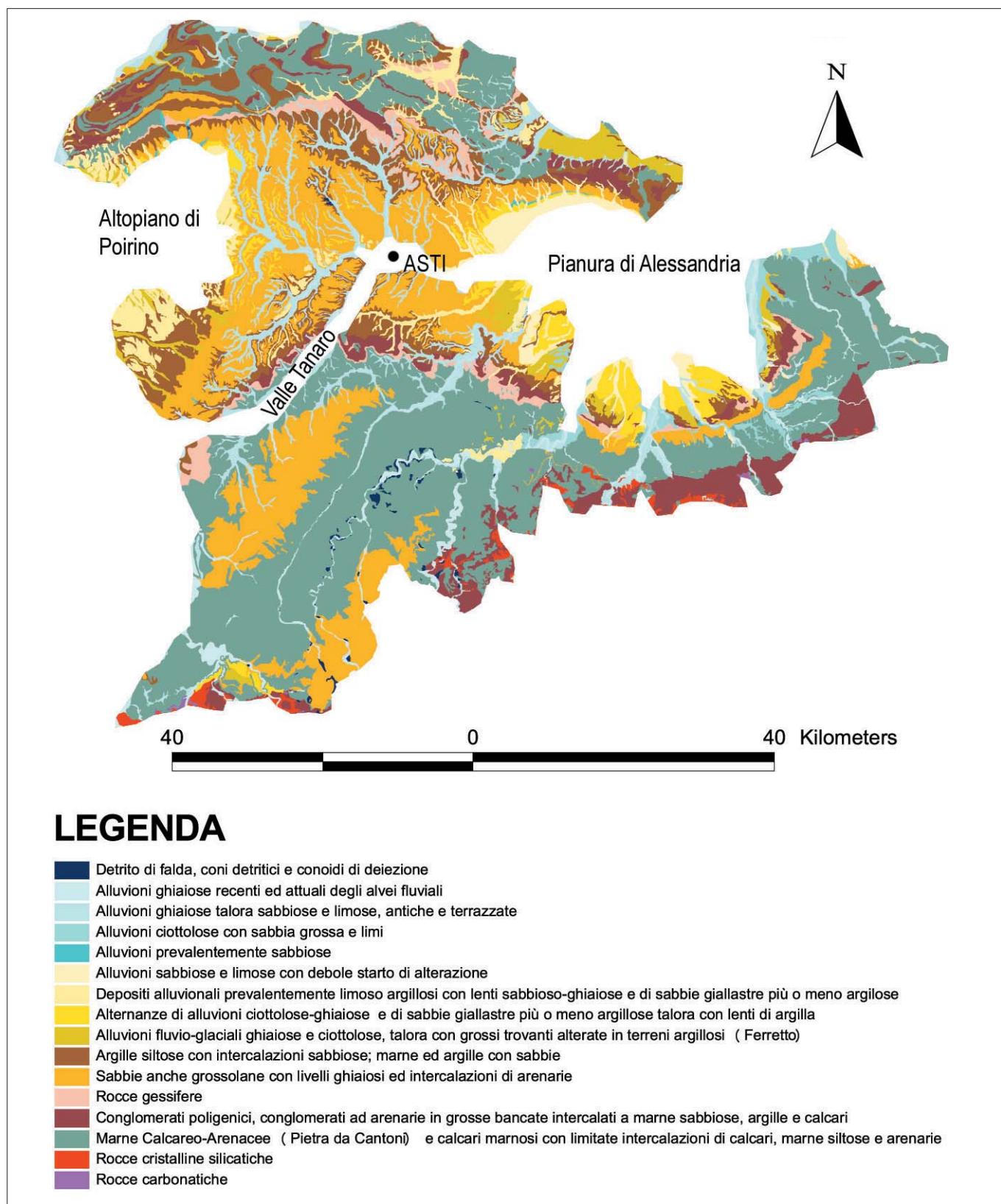


Figura 3 – Carta litologica dell'area di studio.

al periodo 2001-2006 provenienti da n. 33 stazioni meteorologiche dell'ARPA Piemonte, distribuite all'interno e all'intorno del territorio collinare oggetto di studio (Fig. 4; Rif. Web n. 1). I valori medi annui, compresi tra 463 mm a Castellar Ponzano (AL) e 866 mm a Ovada (AL), rivelano come la zona in esame sia tra le meno piovose del Piemonte. Dalla carta delle isoiete medie annuali, ottenuta mediante interpolazione geostatistica delle

misure di precipitazione, si evidenzia come i valori aumentino dal settore centrale ai settori periferici (Fig. 5).

2.2 TEMPERATURE MEDIE ANNUE

Anche per quanto riguarda le temperature medie annue, sono stati utilizzati i dati 2001-2006 provenienti dalle 33 stazioni meteorologiche dell'ARPA Piemonte sopra citate. Le temperature medie minime (11°C) sono sta-

te rilevate in corrispondenza delle stazioni di Mondovì (CN), Pralormo (TO) e San Damiano Borbore (AT), mentre le temperature medie massime (15°C) sono state riscontrate in corrispondenza delle stazioni di Spineto Scrivia e Vignale Monferrato (AL). Dall'interpolazione geostatistica, si può notare che le temperature medie più elevate si riscontrano nel settore orientale circostante la pianura alessandrina (Fig. 6).

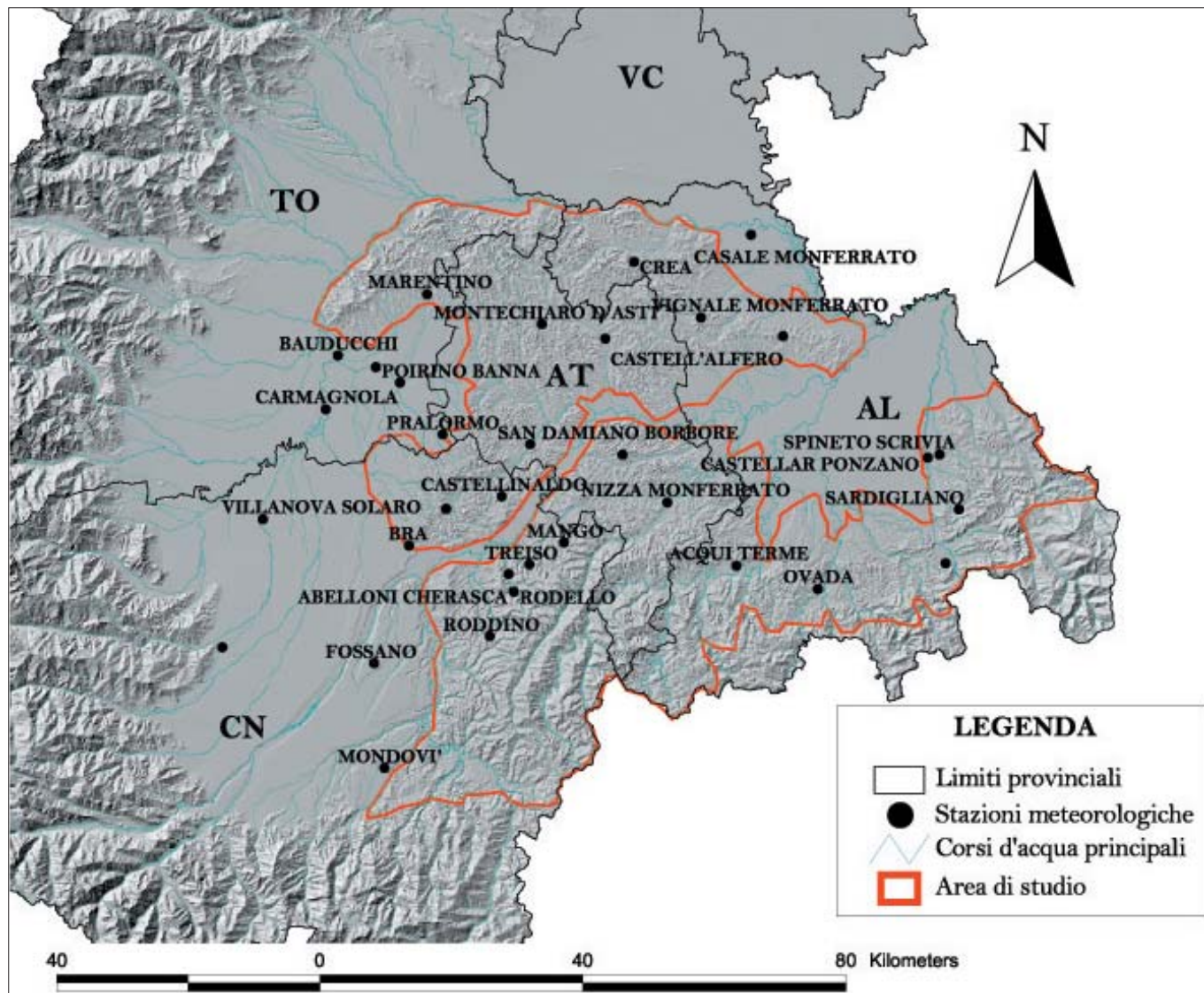


Figura 4 – Ubicazione delle stazioni meteo-pluviometriche distribuite sul territorio collinare oggetto di studio.

2.3 EVAPOTRASPIRAZIONE REALE MEDIA ANNUA

I dati così elaborati di precipitazioni e temperature sono stati utilizzati per il calcolo dell'evapotraspirazione reale media annua ET_R , definita secondo la formula proposta da Turc (1954):

$$ET_R = P/[0.9 + (P^2/L^2)]^{1/2}$$

$$L = 300 + 25 T + 0.05 T^2$$

dove:

- P = precipitazione media annua in mm
- T = temperatura media annua in °C

2.4 INFILTRAZIONE EFFICACE MEDIA ANNUA

Ai diversi litotipi affioranti, sono stati attribuiti i relativi coefficienti di infiltrazione efficace, (c.i.p.), ricavati da dati di letteratura (Celico, 1988). I coefficienti variano tra 0,1-0,2, per le litologie meno permeabili come argille e limi, e 0,9-1, per le litologie più permeabili come calcari e depositi fluviali.

In base a questi coefficienti e alle precipitazioni medie, sono state determinate aree a differente infiltrazione efficace media annua I_E (Fig. 7).

Valori elevati si riscontrano in corrispondenza dei depositi sabbiosi plioce-

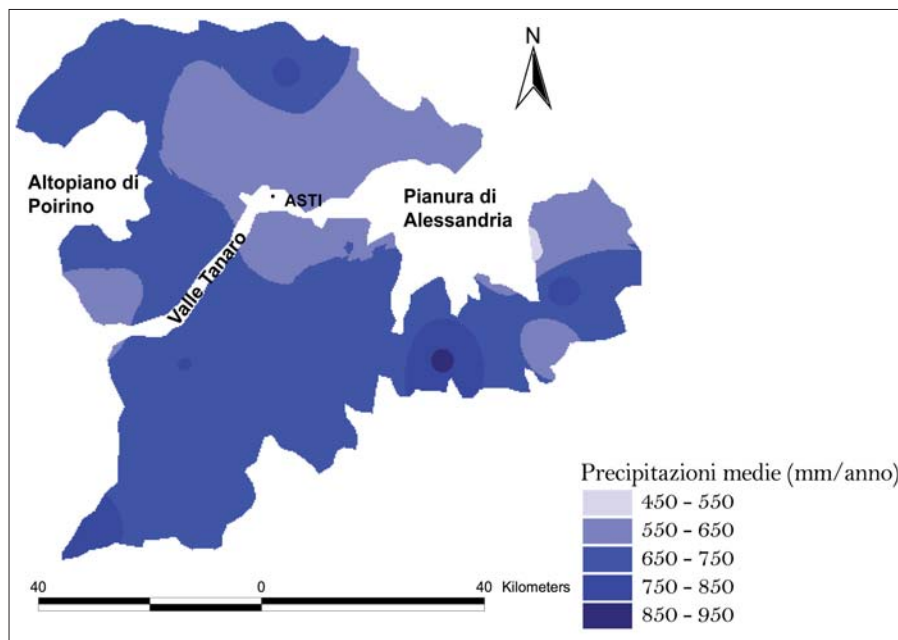


Figura 5 – Carta delle precipitazioni medie annue (periodo 2001-2006).

nici mentre i massimi si riscontrano in corrispondenza dei settori sudorientale e sudoccidentale, dove precipitazioni più abbondanti cadono su litotipi a granulometria grossolana.

2.5 RUSCELLAMENTO MEDIO ANNUO

I valori del ruscellamento medio annuo (R) sono stati calcolati per differenza tra i deflussi globali ($P-ET_R$) e l'infiltrazione efficace (I_E).

La relativa cartografia (Fig. 8) mostra una zonazione complementare a quella dell'infiltrazione efficace media annua.

2.6 BILANCIO IDROLOGICO E RISORSE IDRICHE

I valori ottenuti mediante l'equazione:

$$P = ET_R + I_E + R$$

sono stati i seguenti:

- 675 = 360 + 145 + 170 (mm)
- 3,4 = 1,8 + 0,7 + 0,9 (miliardi di m³)

Confrontando le componenti del bilancio idrologico effettuato (Fig. 9), si osserva come più della metà (54%) delle precipitazioni che cadono nell'area di studio vengano sottratte per evapotraspirazione. L'infiltrazione efficace (21%) e il ruscellamento (25%) costituiscono le risorse idriche, rispettivamente sotterranee e superficiali, della zona in esame.

3. QUALITÀ DELLE ACQUE

In generale, nei depositi che costituiscono il territorio collinare (prevalentemente marinosi o siltoso-argillosi e quindi scarsamente permeabili) vi è una limitata circolazione idrica lungo zone di taglio, di fratturazione o lungo discontinuità minori, testimoniata dalla presenza di sorgenti con portate ridotte, variabili tra pochi l/min e 1 l/s.

La maggior parte delle sorgenti della Collina di Torino e del Monferrato presenta un chimismo bicarbonato-calcico e magnesiacco: le mineralizzazioni di queste acque sono relativamente basse in quanto, in genere, si tratta di circuiti non troppo lunghi e non troppo profondi (Fig. 10, I gruppo - Bortolami *et al.*, 2003).

Sono presenti inoltre numerose sorgenti che mostrano un chimismo solfato-calcico (Fig. 10, II gruppo), che devono la loro mineralizzazione al contatto con terreni messiniani; le sorgenti di questo tipo sono infatti quasi tutte ubicate in corrispondenza all'area di affioramento della Formazione Gessoso-solfifera o, localmente, sgorgano dai depositi quaternari dopo essere venute a contatto con rocce gessose. A queste sorgenti, tipiche del Monferrato e denominate localmente "pirente", è spesso associata una fase gassosa ad acido solfidrico (H₂S). I circuiti idrici a cui sono collegate tali emergenze sono piuttosto lunghi e complessi e, in genere, profondi. Tra queste si possono citare la sorgente Acqua Marcia di Calliano (AT) e la Fonte Pirenta di Murisengo (AL) (Regione Piemonte, 2004). Un terzo gruppo di sorgenti è quello con chimismo cloruro-sodico (Fig. 10, III gruppo): l'elevato tenore di cloruro di sodio è riconducibile a fenomeni di mescolamento di acque superficiali con acque marine fossili, rimaste intrappolate nei sedimenti marini

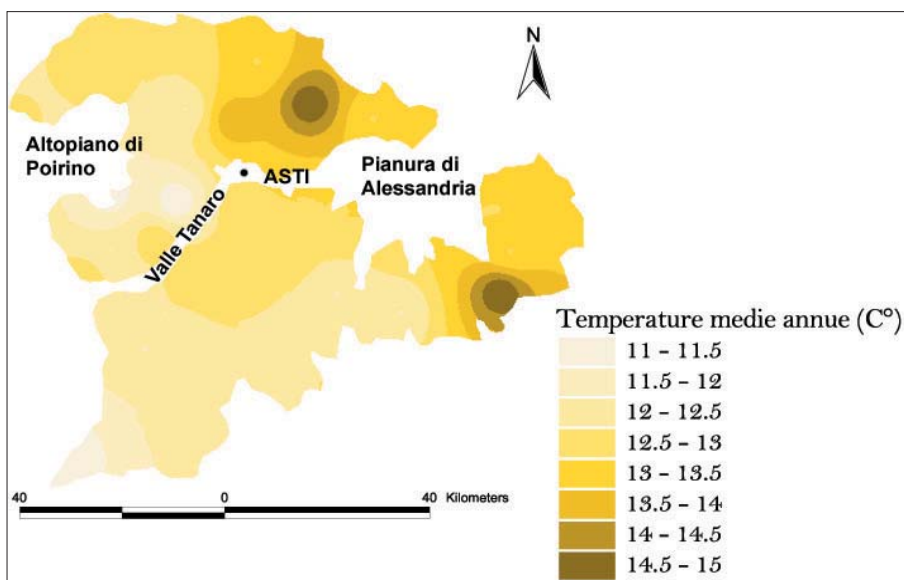


Figura 6 – Carta delle temperature medie annue (periodo 2001-2006).

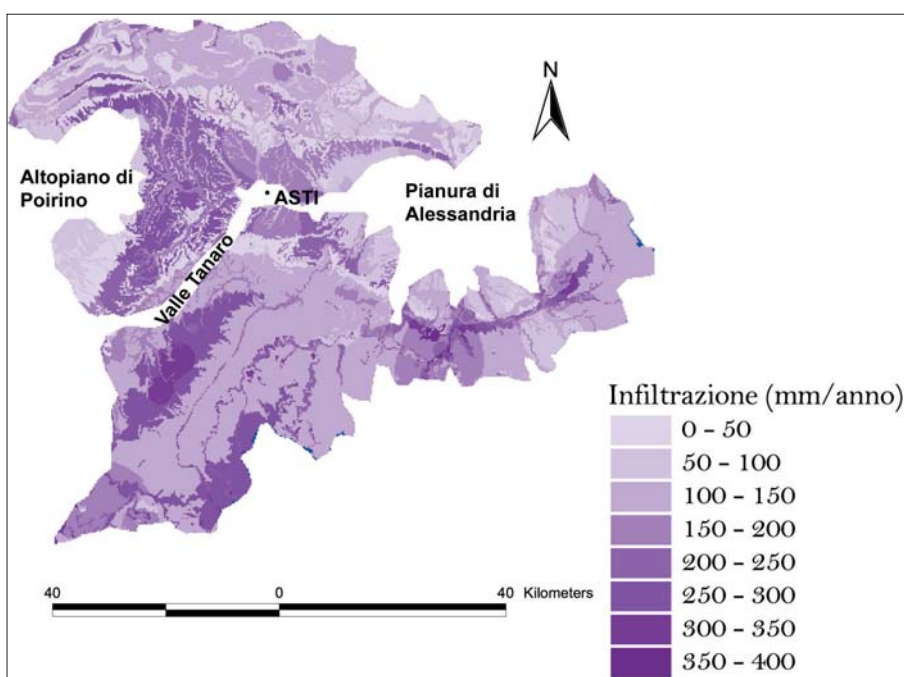


Figura 7 – Carta dell'infiltrazione efficace media annua (periodo 2001-2006).

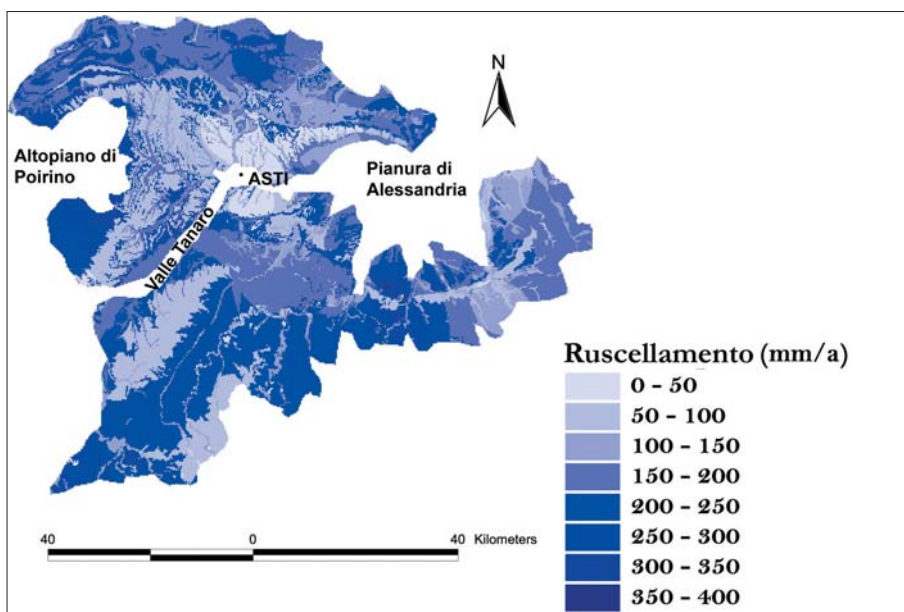


Figura 8 – Carta del ruscellamento medio annuo (periodo 2001-2006).

terziari (Bortolami *et al.*, 1984). Tra le sorgenti cloruro-sodiche si possono ricordare la sorgente S. Genesis di Castagneto Po (TO), la sorgente Bardella di Castelnuovo Don Bosco (AT) e la sorgente termominerale La Bollente di Acqui Terme (AL).

4. TIPOLOGIA DELLE CAPTAZIONI IDRICHE DEL TERRITORIO COLLINARE

In base ai dati provenienti dall'Archivio delle Infrastrutture Idriche della Regione Piemonte (Regione Piemonte, 2000 – Fig. 11), si osserva come le captazioni idropotabili del territorio collinare in esame intercettino prevalentemente le acque sotterranee (247 pozzi e 151 sorgenti) e solo subordinatamente le acque superficiali (33 captazioni). In Tab. 1, oltre al numero di captazioni per tipologia (sorgenti, prese superficiali e pozzi), viene riportato anche il volume idrico prelevato in m³/anno.

Secondo la normativa vigente (Legge 36/1994), tutte le captazioni idropotabili ricadono sotto determinati Ambiti Territoriali Ottimali (ATO), delimitati secondo i seguenti criteri: a) rispetto dell'unità dei bacini idrografici; b) superamento della frammentazione delle gestioni; c) conseguimento di adeguate dimensioni gestionali (Repubblica Italiana, 1994).

Il territorio esaminato appartiene a quattro Ambiti Territoriali Ottimali: ATO 3 torinese, ATO 4 cuneese, ATO 5 astigiano-monferrato e ATO 6 alessandrino. Relativamente al territorio della Collina di Torino, appartenente all'ATO 3, le risorse idriche ad uso potabile vengono fornite per la maggior parte dall'acquedotto di Torino (SMAT) e sono costituite per il 70% da acque sotterranee e per il 30% dalle acque del fiume Po. Nel territorio dell'ATO 4 cuneese, le risorse idriche provengono anche da numerose sorgenti. Nel territorio dell'ATO 6 alessandrino, oltre che da pozzi, le risorse idriche provengono da diverse prese superficiali, specialmente nel settore meridionale.

Per quanto riguarda il territorio appartenente all'ATO 5 (astigiano-monferrato), l'approvvigionamento idrico proviene da due campi acquiferi di importanza regionale di seguito illustrati.

5. CAMPI ACQUIFERI DI IMPORTANZA REGIONALE

Tra i campi acquiferi di maggiore importanza strategica per l'approvvigionamento potabile dei comuni del territorio collinare si possono citare il campo pozzi di Valle Maggiore-Cantarana, nel settore occidentale della provincia di Asti e il campo pozzi di Cascina Giarrea (Acquedotto del Monferrato), in provincia di Vercelli.

5.1. CAMPO POZZI DI VALLE MAGGIORE-CANTARANA

Il campo pozzi di Valle Maggiore-Cantarana, ubicato nel settore occidentale della

provincia di Asti, ricopre un ruolo strategico nella fornitura di acqua potabile per il territorio collinare astigiano e monferrino: esso infatti consta di 50 pozzi, concentrati in un'area molto limitata, che forniscono acqua potabile a 40 comuni della provincia (Fig. 12).

L'acquifero, ospitante falde in pressione, è costituito dai depositi pliocenici riferibili alle Sabbie di Asti e alla Successione Villafranchiana. Essendo stato intensamente sfruttato fin dall'inizio del XX secolo, attualmente risente di problemi legati al sovrasfruttamento, quali abbassamento del livello piezometrico dei pozzi e fenomeni di subsidenza (Beretta *et al.*, 1999).

L'acquifero sfruttato è alimentato dalle acque degli acquiferi profondi del settore torinese della Pianura Padana ad ovest e della pianura cuneese a sud-ovest. Le acque

sono caratterizzate da una buona qualità, in quanto protette dalle contaminazioni antropiche nel loro percorso entro acquiferi confinati. A causa però della penuria di ossigeno in profondità, si creano condizioni riducenti che favoriscono la dissoluzione di manganese dalla matrice litologica dell'acquifero nelle acque sotterranee. Per tale motivo, gli enti gestori sono costretti a utilizzare un apposito impianto di trattamento per riportare la concentrazione di tale elemento entro i limiti di legge.

5.2 CAMPO POZZI DI CASCINA GIARREA

Il campo acquifero di Cascina Giarrea, che rappresenta la fonte principale di alimentazione dell'Acquedotto del Monferrato, ricopre un ruolo fondamentale a livello regionale, in quanto garantisce l'approvvigionamento

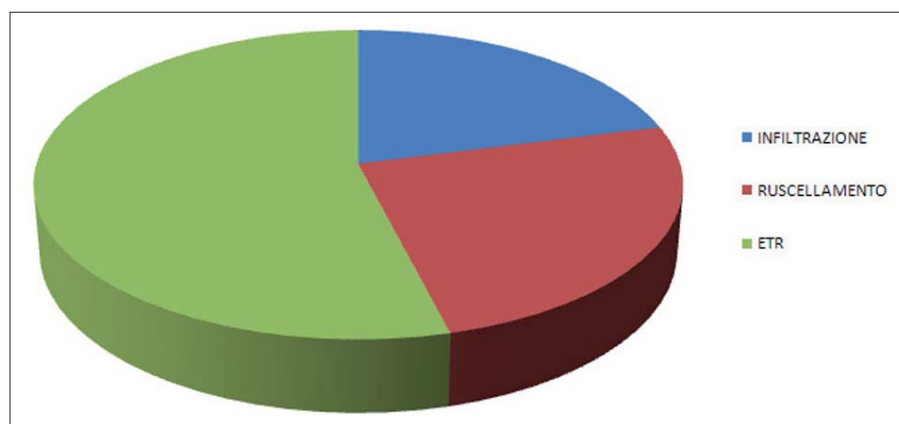


Figura 9 – Diagramma che mostra i diversi contributi, dati al bilancio idrico dell'area collinare del Piemonte, relativi al deflusso superficiale, all'evapotraspirazione e all'infiltrazione.

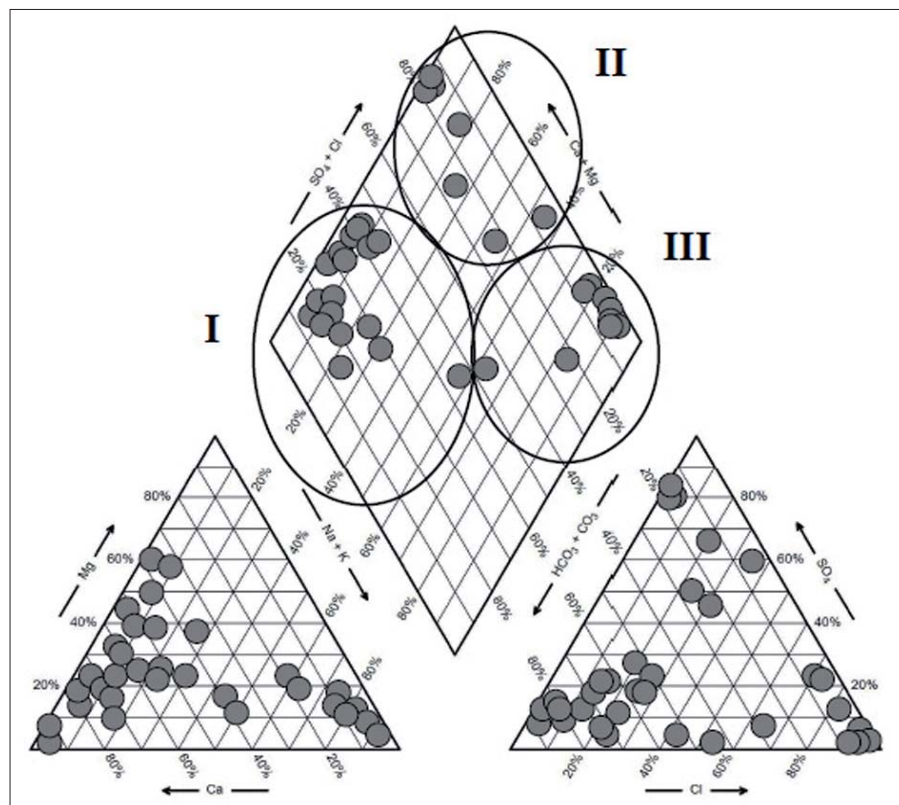


Figura 10 – Diagramma di Piper che mostra il chimismo delle acque del settore collinare del Piemonte: bicarbonato-calcico-magnesiache (gruppo I); solfato-calciche (gruppo II); cloruro sodiche (gruppo III). Da Bortolami *et al.* (2003), modificato.

idrico ad un totale di 101 comuni collinari (Fig. 12).

Il campo pozzi è ubicato nel comune di Saluggia (VC), a NNW della confluenza del F. Dora Baltea con il F. Po.

Dal punto di vista geologico, si trova nella pianura a nord della zona collinare oggetto di studio, il cui sottosuolo è costituito da un notevole spessore di depositi fluviali e fluvioglaciali quaternari sovrapposti al complesso plio-pleistocenico villafranchiano. Appena più a sud, lungo il bordo della Collina, si ritrovano i depositi marini terziari appena pochi metri sotto i depositi fluviali recenti del F. Po.

Il campo acquifero ha una superficie di 513.000 m² e presenta 11 pozzi che forniscono una potenzialità complessiva di oltre 1.000 l/s. Essi prelevano acqua dai due differenti sistemi acquiferi, rappresentati dal complesso superficiale quaternario e da quello più profondo villafranchiano.

6. CONCLUSIONI

Le risorse idriche della collina piemontese risultano generalmente scarse, sia per le precipitazioni relativamente basse sia per la presenza di formazioni geologiche poco permeabili. L'unico complesso che rappresenta un buon acquifero è quello

delle sabbie riferibili al Pliocene inferiore-medio (Sabbie di Asti e Unità di Ferrere), che riceve alimentazione dagli acquiferi profondi del cuneese. Questo complesso sabbioso, strategico per la zona collinare piemontese, da tempo captato dal Campo pozzi di Valle Maggiore-Cantarana, risulta sovra-sfruttato, con abbassamenti allarmanti della falda. Per tale motivo, a fine agosto 2012 l'approvvigionamento idropotabile è stato integrato mediante l'interconnessione della rete acquedottistica della Valle Maggiore con quella gestita dall'Acquedotto del Monferrato, campo pozzi denominato Cascina Giarrea, situato a Saluggia in Provincia di Vercelli. L'interconnessione ha comportato la disponibilità di acqua proveniente da una zona differente da quella sovra-sfruttata, consentendo di diminuire in quest'ultima i prelievi idrici effettuati attraverso l'utilizzo dei pozzi presenti e, al momento, di far risalire il livello della falda anche di 7-8 metri.

Tabella 1 - Tipologie di captazione nel territorio collinare e volumi idrici prelevati (m³/anno).

Tipologia	Numero	Volume derivato (m ³ /anno)
Sorgenti	151	9.07E+06
Prese sup.	33	3.59E+06
Pozzi	247	2.55E+07

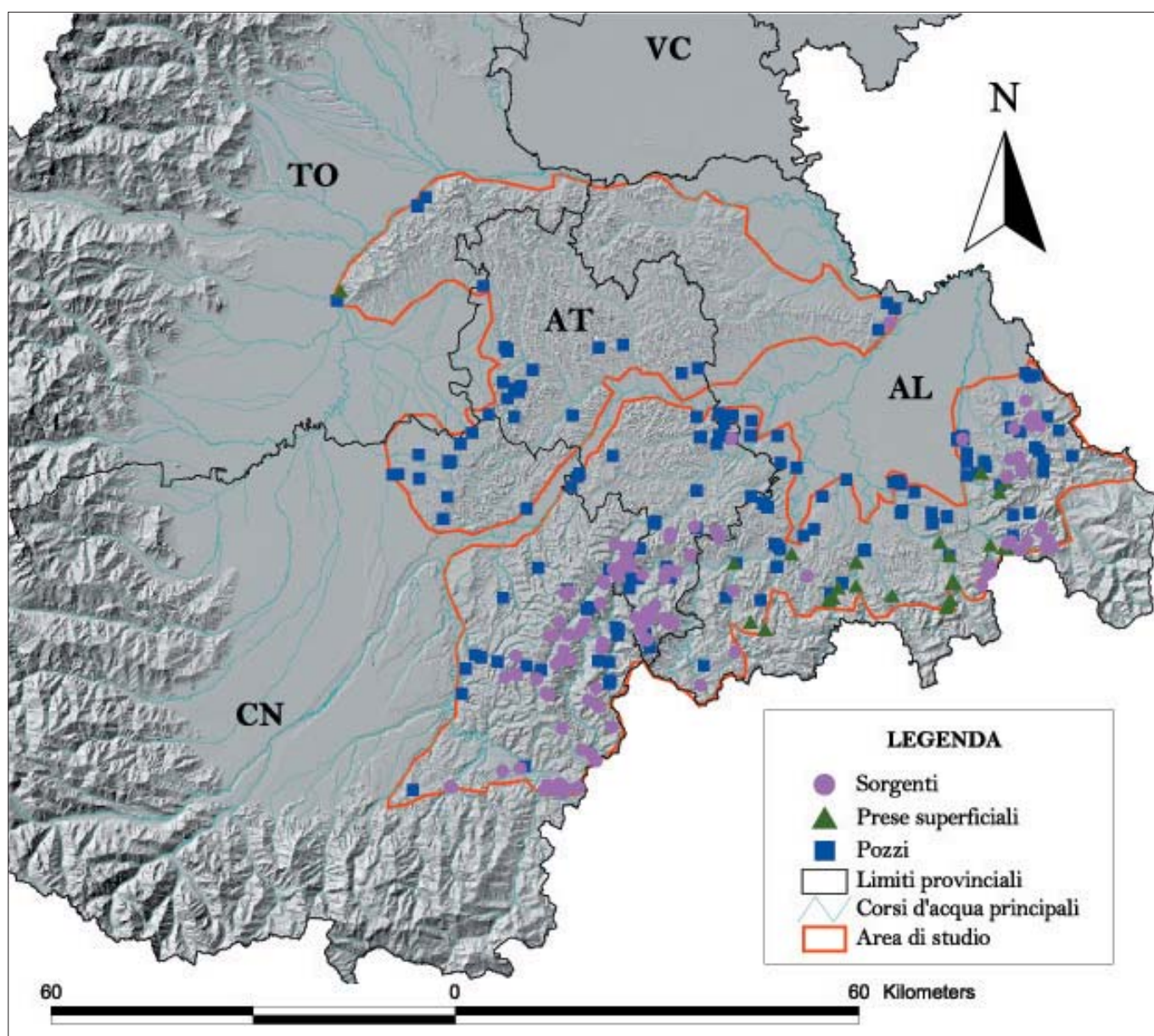


Figura 11 – Le differenti tipologie di captazione presenti sul territorio collinare: pozzi, sorgenti e prese superficiali; da Regione Piemonte (2000), modificato.

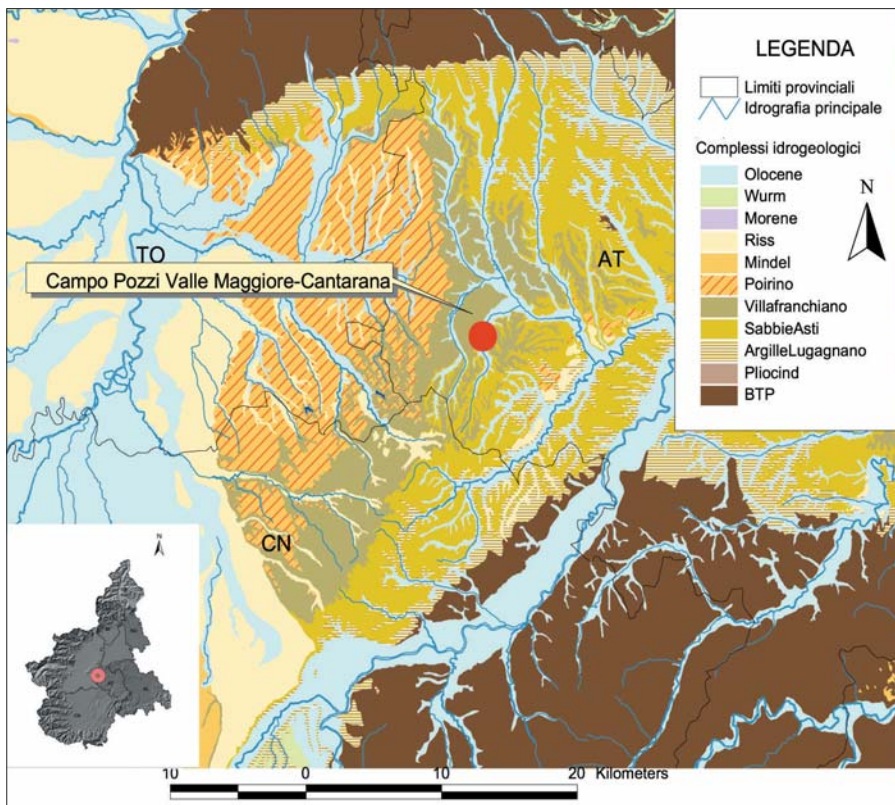


Figura 12 – Il campo pozzi di Valle Maggiore-Cantarana nell'astigiano occidentale.

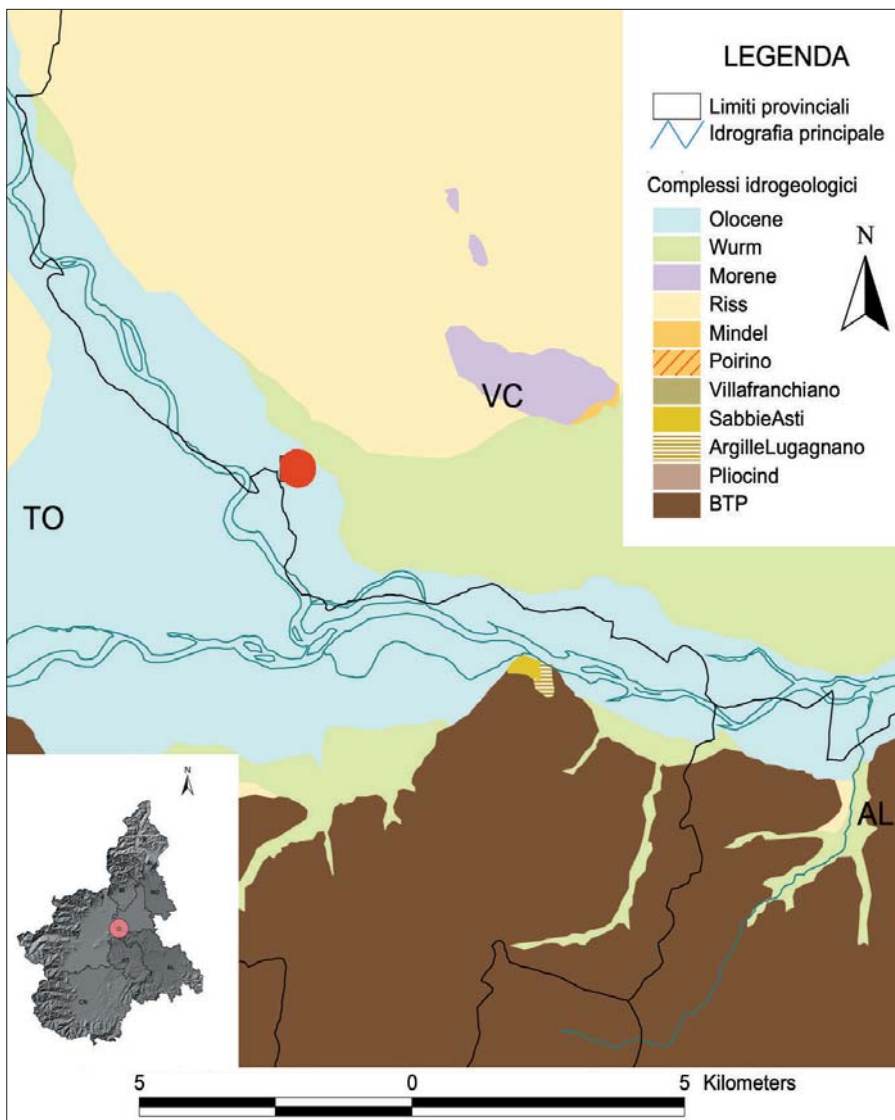


Figura 13 – Ubicazione del campo pozzi di Cascina Giarrea.

BIBLIOGRAFIA

- BERETTA G.P., DE LUCA D.A., MASCIOTTO L., NOVO M. (1999) - *Conoscenza e protezione dell'acquifero plio-pleistocenico di interesse strategico dell'Astigiano occidentale e tutela del campo acquifero della valle Maggiore di Cantarana*. Atti del 3° convegno nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee per il millennio. Quaderni di geologia applicata, Pitagora Ed. Bologna.
- BIELLA G.C., CLARI P., DE FRANCO R., GELATI R., GHIBAUDO G., GNACCOLINI M., LANZA R., POLINO R., RICCI B., ROSSI P.M. (1992) - *Geometrie crostali al nodo Alpi-Appennino: conseguenze sull'evoluzione cinematica dei bacini neogenici*. 76° Congresso Soc. Geol. It., (Abst.); 192-195.
- BOANO P. & FORNO M. G. (1999) - *La successione "villafranchiana" nell'area di Castelnuovo don Bosco (Asti)*. Il Quaternario It. Journ. Quatern. Sc., 12(2), 161-194.
- BORTOLAMI G.C., OLIVERO G.F., ZUPPI G.M. (1984) - *Sistemi idrici profondi, geotermali e freddi, in Piemonte e valle d'Aosta*. Mem. Soc. Geol. It., 29, 171-185.
- BORTOLAMI G.C., MASCIOTTO L., DE VECCHI PELLATI R., SAUDINO DUGHERA B. (2003) - *Le sorgenti della Collina di Torino e del Monferrato*. GEAM, 108, 40 (1): 77-82.
- CARRARO F. (ed.) - *Revisione del Villafranchiano nell'area-tipo di Villafranca d'Asti*. Atti del Convegno: "Il significato del Villafranchiano nella stratigrafia del Plio-Pleistocene" (Peve-ragno (CN)-Villafranca d'Asti (AT), 20-24 giugno 1994). Il Quaternario It. Journ. Quatern. Sc., 9(1), 5-120.
- CELICO P. (1988) - *Prospezioni idrogeologiche - Volume 2*. Liguori Editore, 536 pp.
- DELA PIERRE F., PIANA F., FIORASO G., BOANO P., BICCHI E., FORNO M. G., VIOLANTI D., CLARI P., POLINO R., BALESTRO G. & D'ATRI A. (2003) - *Foglio 157 "Trino" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. APAT, Dipartimento Difesa del Suolo, Roma.
- FESTA A., BOANO P., IRACE A., LUCCHESI S., FORNO M. G., DELA PIERRE F., FIORASO G. & PIANA F. (2009) - *Foglio 156 "Torino Est" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. APAT, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici-Dipartimento Difesa del Suolo, Roma.
- PAVIA G., BORTOLAMI G., DAMARCO P. (2004) - *Censimento dei geositi del settore regionale Collina di Torino e Monferrato*. Regione Piemonte, Ente Parchi e Riserve Naturali Astigiani, Quaderno scientifico n.5, 146 pp.
- REGIONE PIEMONTE (2000) - *Infrastrutture del servizio idrico in Piemonte*. Regione Piemonte - Direzione Pianificazione delle Risorse idriche, CD ROM, L'Uovodolombo, Torino.
- REPUBBLICA ITALIANA (1994) - *Legge 5 gennaio 1994, n. 36: "Disposizioni in materia di risorse idriche"*. G.U.R.I. Supplemento Ordinario n. 11, 19 gennaio 1994, n. 14.
- TURC L. (1954) - *Le bilan d'eau des sols: relation entre les précipitation l'évaporation et l'écoulement*. Annales Agronomiques, Série A(5): 491-595.

RIFERIMENTI WEB

- RIF. WEB n. 1 - www.arpa.piemonte.it/annali/meteorologici

Applicazione dei metodi dell'Analisi di Rischio per la valutazione della vulnerabilità degli acquiferi. L'esempio della valle del Fiume Pescara (Abruzzo)

ANTONIO DILIGENTI
e-mail: a.diligenti@artaabruzzo.it
ARTA Abruzzo - Distretto Provinciale di Chieti

LUCINA LUCHETTI
ARTA Abruzzo - Distretto Provinciale di Chieti

1. INTRODUZIONE

Il presente lavoro costituisce una proposta metodologica, in linea con gli indirizzi normativi Nazionali e Comunitari sulle acque sotterranee, finalizzata alla individuazione di azioni efficaci, volte a tutelare la risorsa idrica in un comparto ambientale in cui sono emerse rilevanti criticità.

Il territorio scelto come caso studio ricade nel comune di Chieti, in destra idrografica del F. Pescara (Fig. 1) nel tratto medio-basso della valle. Tale area è stata interessata negli ultimi cinquant'anni da intensa industrializzazione e da interrimento di rifiuti. L'attività industriale non è stata gestita in modo conforme ai principi dello sviluppo sostenibile. Conseguentemente, la gestione delle materie prime e dei rifiuti non rispondente alle prescrizioni ed ai principi della attuale normativa in campo ambientale (D.lgs. 152/06 e s.m.i., D.lgs 36/03 e s.m.i.), ha comportato il rilascio di sostanze contaminanti e la compromissione delle matrici suolo, acqua e aria. Il quadro sopra descritto, che già di per sé pregiudica la qualità dell'ambiente e quindi anche della vita, risulta ulteriormente aggravato dalla presenza di numerose discariche abusive realizzate in ex aree di cava prossime al corso fluviale.

Il rischio ambientale nell'area è inoltre considerevolmente amplificato dalla crescita, negli ultimi venti anni, di un diffuso tessuto suburbano compenetrato all'area industriale.

Al fine di poter gestire in maniera unitaria e organica le attività connesse al recupero ambientale dell'area, la Regione Abruzzo di concerto con la Provincia di Chieti, il Comune di Chieti e con il supporto tecnico dell'Agenzia Regionale per la Tutela dell'Ambiente (U.O. Siti inquinati e discariche, Distretto di Chieti) ha istituito con Delibera della Giunta Regionale (DGR 121/2010) il Sito Contaminato di Interesse Regionale (S.I.R.) di Chieti Scalo, che comprende una cospicua porzione dell'area in studio.

Tutte le informazioni ed i dati ottenuti attraverso gli studi di caratterizzazione ambientale, sia sito specifico che alla *mesoscala*, sono stati

utilizzati per la valutazione del rischio sanitario e ambientale e per la costruzione di un GeoDatabase che, implementato in ambiente GIS, ha permesso di realizzare delle cartografie tematiche funzionali alle attività pianificatorie e gestionali.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La modellazione dei rischi è stata eseguita mediante software che soddisfano i requisiti della Guida ASTM per *Risk-Based Corrective Action* (ASTM, 2000), da cui l'acronimo RBCA, e della Parte IV, Titolo V del D.lgs. n. 152/06 e s.m.i., e secondo le indicazioni contenute nei "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" elaborato dall'APAT-2008. Tra le modifiche normative apportate al Testo Unico sono di fondamentale importanza, per la matrice acque, quelle dei D.lgs. n. 4/08 e D.lgs. n. 30/09. Il decreto D.lgs. n. 4/08, rivede alcuni importanti aspetti per l'attuazione

dell'AR contenuti nella prima stesura dell'Allegato 1 (Criteri Generali per l'Analisi di rischio Sanitario Ambientale Sito-Specifica). In particolare è stata modificata la definizione di Punto di Conformità (POC), punto nel quale deve essere garantito il ripristino dello stato originale (ecologico, chimico e/o quantitativo). Tale punto che nella normativa precedente poteva ricadere anche esternamente al sito oggetto della bonifica, deve essere posto, secondo il decreto correttivo, non oltre i confini del sito contaminato. Infatti, la precedente assunzione andava in chiaro contrasto con quanto previsto nella parte terza (in particolare art. 76) e nella parte sesta (in particolare art. 300) del Testo Unico, che imponevano di consentire per il corpo idrico sotterraneo tutti i suoi usi potenziali.

Più in dettaglio, secondo la normativa attuale, i punti di esposizione dei bersagli (POE) possono essere localizzati:

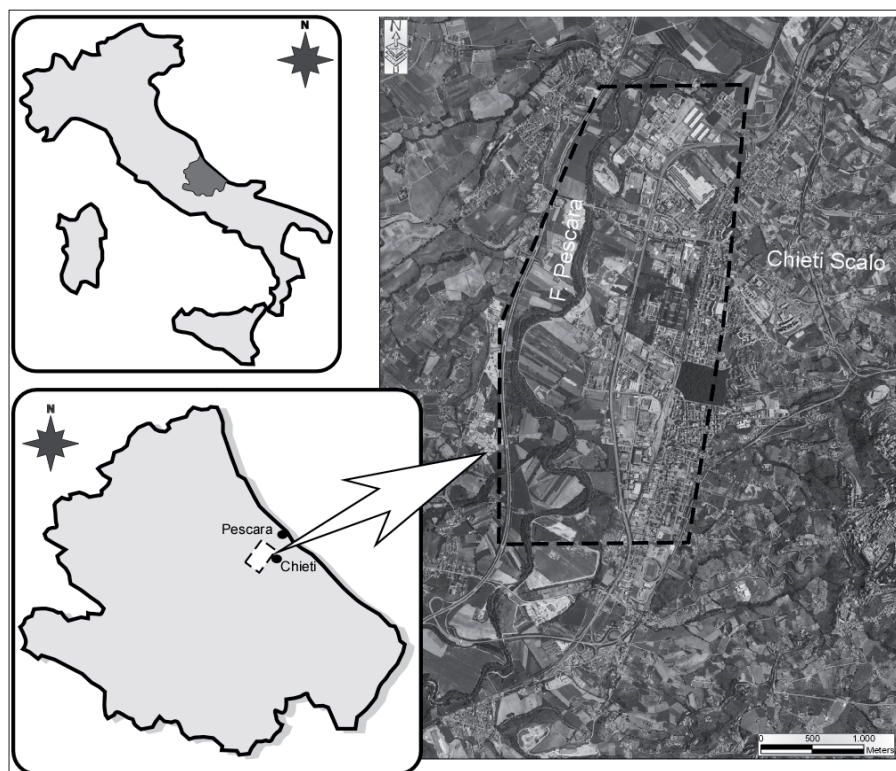


Figura 1 – Localizzazione dell'area di studio.

- a) entro il sito; e in tale caso potrà essere determinata la Concentrazione Soglia di Rischio (CSR) o, in via più cautelativa, la Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC) di ogni singolo contaminante;
- b) sul confine del sito, andando a coincidere con i POC; in tal caso le CSR dovranno essere equivalenti alle CSC, ad esclusione di specifici casi previsti dalla normativa;
- c) a valle del sito; in questo caso la normativa rimarca la necessità di applicare la procedura di AR per verificare la compatibilità dell'uso delle aree con l'assenza di rischio igienico-sanitario per eventuali recettori.

Il D.lgs n. 30/09, relativo alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento, fornisce i criteri per la definizione dello stato chimico e qualitativo delle acque sotterranee e superficiali, della qualità ecologica dei corpi idrici superficiali ad essi connessi e degli ecosistemi terrestri direttamente dipendenti, per verificare se gli stessi sono a rischio, non a rischio o probabilmente a rischio. Per conseguire tali obiettivi fornisce i criteri per definire in modo preciso ed oggettivo la falda e quindi l'acquifero, utilizzando il concetto di: *i) Quantità significativa* nel caso in cui è possibile prelevare in media più di 10 m³/giorno (pari a 0,1 L/s), o la quantità prelevabile è sufficiente per 50 persone; *ii) Flusso significativo* quando l'interruzione del flusso di acqua sotterranea causa una diminuzione significativa nella qualità ecologica di un corpo idrico superficiale o di un ecosistema terrestre direttamente dipendente. Quando uno o entrambi i criteri sono soddisfatti, le unità stratigrafiche sono da considerarsi acquifero e la quantità significativa di acqua sotterranea è ascrivibile alla definizione di falda da salvaguardare.

In conclusione, in un sito contaminato le acque sotterranee non solo devono rispettare i limiti previsti dal D.lgs 152/06 e s.m.i. per la bonifica dei siti contaminati ma il sito dovrebbe essere valutato anche ai fini dell'applicazione della Parte terza dello stesso decreto, verificando in modo approfondito anche le eventuali interazioni che le acque sotterranee possono avere con quelle superficiali e con gli ecosistemi acquatici e terrestri.

3. METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO ATTESO

Il Rischio (R), è definito come il prodotto tra la probabilità (P) di accadimento di un evento dannoso e l'entità del danno provocato dall'evento stesso (V): $R = P \times V$.

Nel caso di siti contaminati, la probabilità (P) viene posta pari a 1, in quanto l'evento è accaduto, pertanto, il calcolo del rischio sanitario ambientale valuta il danno (Vulnerabilità).

Il danno conseguente all'evento, a sua volta, può essere espresso dal prodotto del fatto-

re di pericolosità (Fp), direttamente connesso alla tossicità dell'inquinante e del fattore di esposizione (Fe), che è funzione della durata e del contatto con la sostanza assunta; da cui: $V = Fp \times Fe$. Il Fe è stimato come il prodotto tra la concentrazione misurata al punto di esposizione (Cpoe) e la portata di esposizione effettiva (EM), la Cpoe può essere calcolata come il prodotto tra il Fattore di Trasporto e la Concentrazione rappresentativa in sorgente. Dunque, quando si devono valutare le possibili esposizioni indirette, poiché i contaminanti possono raggiungere i bersagli solo attraverso la migrazione e la diffusione attraverso i comparti ambientali, la stima del Rischio Sanitario-Ambientale è basata sulla conoscenza dei parametri che condizionano la vulnerabilità dei corpi idrici. Tale principio è peraltro la base dei sistemi a punteggi e a pesi quali ad es. DRASTIC o SINTACS. Da questi l'AdR si differenzia per l'introduzione della valutazione delle caratteristiche chimiche e tossicologiche degli inquinanti, inseriti come valori di input in software dedicati, che rispondono a criteri di calcolo dei fattori di trasporto e di esposizione.

L'analisi di rischio (AdR) è una procedura che può essere applicata prima, durante e dopo le operazioni di bonifica o messa in sicurezza di un sito contaminato.

Essa necessita della previsione del trasporto e del destino degli inquinanti ed utilizza dei modelli matematici per approssimare una situazione reale semplificandola nel "Modello Concettuale" del sito. Il Modello Concettuale del sito esprime attraverso:

sorgente – percorso - recettore.

Per definire la bonifica dei siti contaminati, gli inquinanti sono ricercati nelle diverse matrici ambientali (aria, acqua, terreno). I modelli di destino e trasporto valutati con l'AdR prevedono un progressivo aumento dell'affidabilità nel passaggio attraverso livelli di approfondimento di livello 1, di livello 2, di livello 3.

Il livello 1 effettua il confronto tra la concentrazione misurata alla sorgente contaminante (inserita come input) e la concentrazione di attenzione e/o limite, definita dalla CSC (Tab. 2 - All. 5, Parte IV, Titolo V del D.lgs.152/06) utilizzando equazioni di trasporto di tipo analitico.

Il Livello 2 prevede l'inserimento di dati sito specifici direttamente misurati nel corso delle indagini o tratti dai dati bibliografici. La procedura individua, per i diversi modelli di trasporto e modalità di esposizione, nelle matrici indagate i valori di concentrazione dei contaminanti sito-specifici, che pur essendo superiori ai valori soglia (CSC) non pregiudicano la salvaguardia della salute e dell'ambiente. Tali valori (CSR) costituiscono i livelli di bonifica a cui devono tendere gli interventi di messa in sicurezza e quelli di bonifica.

Il livello 3 si attua con l'inserimento di un maggior numero di dati misurati, prendendo in considerazione i processi di attenuazione naturale (dispersione, scambio decadimento/degradazione, e di attenuazione nell'insaturo, dispersività, coefficiente di diffusione, tipo di suolo, caratteristiche di scambio etc.) e di modelli sito-specifici complessi.

I modelli di trasporto, le possibili vie e modalità di esposizione, applicati con la procedura di AdR di livello 2 e 3, hanno consentito di definire per le matrici terreno, acque sotterranee e aria i livelli sito-specifici di contaminazione residua accettabile, denominati concentrazioni soglia di rischio (CSR).

Nel presente studio, l'acquisizione delle caratteristiche dei siti per la zona insatura e satura e per l'ambiente *outdoor* e *indoor* sono quelle previste per il livello 3, in modalità inversa e diretta con la sorgente secondaria posta entro la falda.

Le vie d'esposizione prese in esame sono state la volatilizzazione (l'inalazione di aria *indoor* e *outdoor*) e il contatto diretto, i bersagli sono rappresentati dalla falda stessa e dai lavoratori che operano nel sito.

In particolare per la modalità inversa sono stati inseriti i dati relativi alle caratteristiche sito-specifiche dell'insaturo e la tipologia del contaminante. Gli obiettivi di bonifica ricercati, ossia le CSR entro il sito sono, in accordo con la normativa quelli compatibili con la condizione di accettabilità del rischio incrementale. Per le sostanze cancerogene tale condizione è posta pari a 1×10^{-6} per la singola specie chimica e 1×10^{-5} per la sommatoria di più specie chimiche, per le sostanze non cancerogene viene posto l'indice di pericolo pari ad 1 (HI=1). Mentre con la modalità diretta sono state definite, in questo lavoro, le CSR inserendo nella procedura della AR la concentrazione rappresentativa della sorgente ed implementando i precedenti dati con quelli geologici ed idrogeologici del saturo e della sorgente.

4. VALUTAZIONE DEL RISCHIO ATTESO IN AREE ESTESE. IL CASO STUDIO DELLA VALLE DEL FIUME PESCARA.

4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-IDROGEOLOGICA

Il settore in studio ricade nella media-bassa valle del F. Pescara in destra idrografica. Geomorfologicamente è caratterizzato da blandi rilievi collinari e da aree sub-pianeggianti corrispondenti a terrazzi alluvionali. Le quote massime sono comprese tra i 15 e 40 m sul fondo valle.

La stratigrafia dal basso verso l'alto è costituita da depositi marini argilloso silicei (Formazione di Mutignano, Pleistocene inf.) su cui poggiano in discordanza i de-

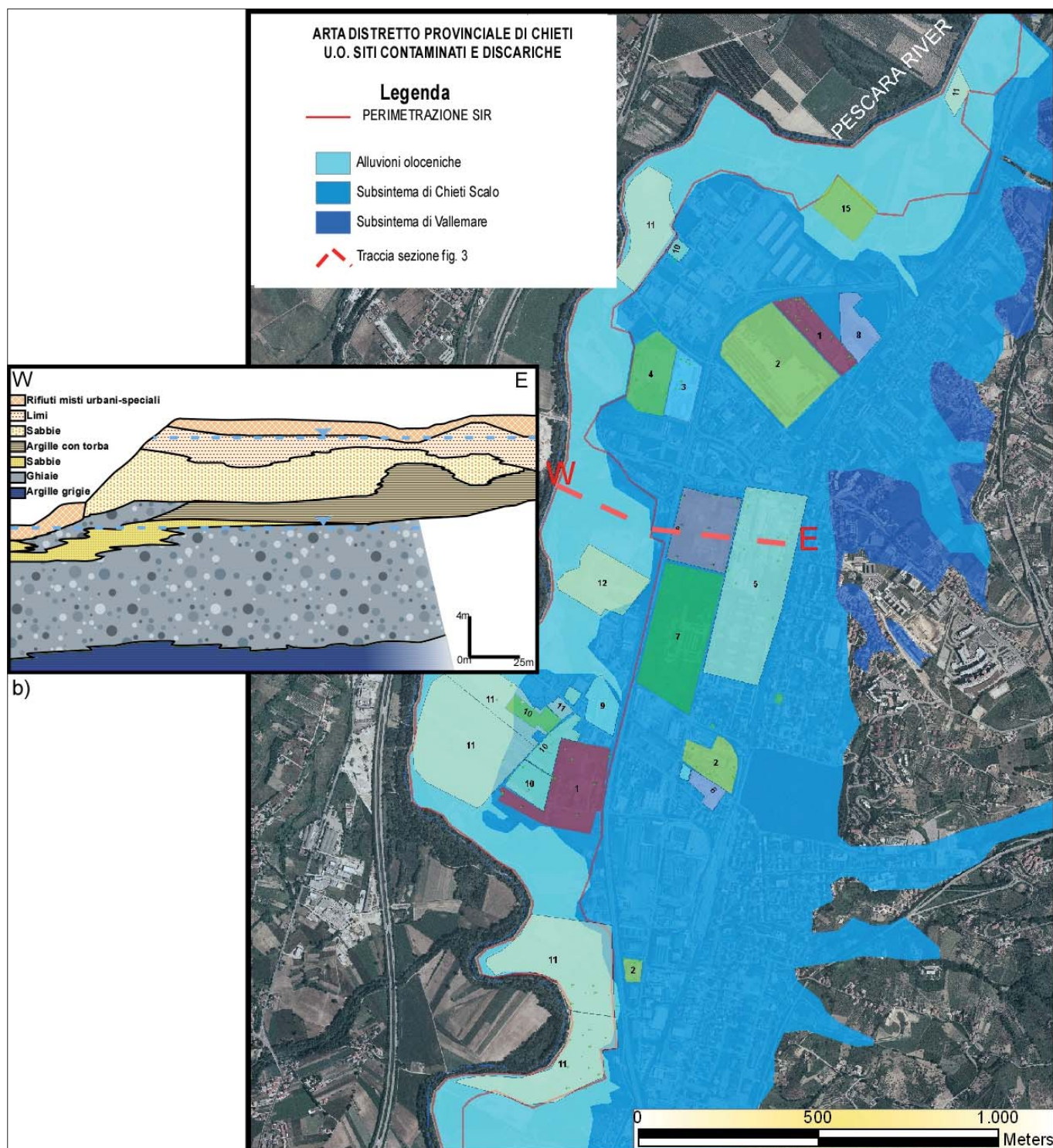


Figura 2 – a) Ortofotocarta dell'area in esame a cui è sovrapposta la Carta geologica dei depositi alluvionali (ved. testo per la descrizione); b) Sezione geologica ricostruita attraverso l'utilizzo delle stratigrafie di dettaglio dei sondaggi geognostici.

positi alluvionali terrazzati del Pleistocene superiore (Sistema di Valle Majelama) ed i depositi olocenici di piana alluvionale (Fig. 2a).

Per la ricostruzione delle caratteristiche geologiche e idrogeologiche dell'area, che presenta una superficie di 2,5 km² (circa 7000 metri di lunghezza secondo l'asta fluviale per 1000 metri di larghezza), sono stati utilizzati circa 170 punti di indagine, costituiti da sondaggi geognostici attrezzati a piezometri. I dati acquisiti sono stati fondamentali per l'elaborazione di un dettagliato modello concettuale. Le stratigrafie ricostruite dai dati di sondaggio evidenziano la complessità

stratigrafica e la notevole variabilità laterale dei corpi sedimentari. I depositi olocenici della piana alluvionale sono in genere rappresentati superiormente da limi e sabbie limose. Questi in profondità passano a un potente corpo ghiaioso con una estesa continuità laterale. Sovente alle sabbie limose si intercalano potenti lenti di ghiaie a matrice limo-sabbiosa riferibili a paleo canali del F. Pescara.

A sud-est del fiume la stratigrafia (Fig. 2b) è costituita, dall'alto verso il basso, da:

A: materiale di riporto e rifiuti (spessore tra 0-2 metri);

B: limi argillosi color avana chiaro e limi sabbiosi e sabbie di color nocciola ed ocra (spessore compreso tra 2-14 metri);

C: argille con torba di color grigio scuro, argille limose e sabbie limose di color grigio con intercalazioni di livelli torbosi e concrezioni biancastre calcaree (spessore 0,5-10 metri);

D: ghiaie con matrice sabbiosa di color giallo (spessore variabile tra 8 e 15 metri);

E: argille e argille marnose grigio-azzurre della F.ne di Mutignano.

I dati così ottenuti evidenziano essenzialmente la presenza di un acquifero multistrato

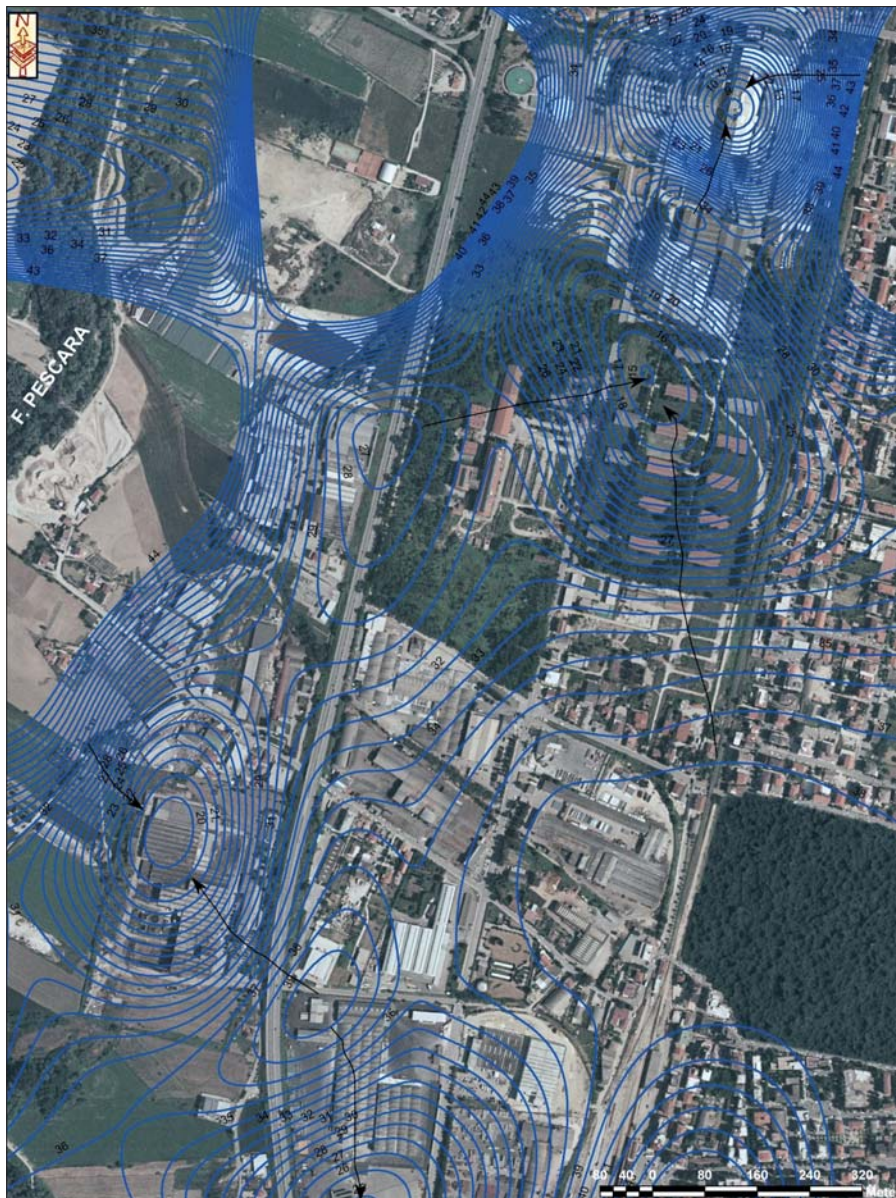


Figura 3 – Stralcio della carta isopiezometrica. Le frecce indicano gli andamenti principali delle direzioni di deflusso delle acque sotterranee.

in corrispondenza dei terrazzi alluvionali del Pleistocene superiore, in cui è possibile distinguere una falda in pressione che assume carattere di falda libera in corrispondenza della pianura alluvionale. Tuttavia si è constatato che lo strato di argille torbose, che costituisce il livello di *aquitard* principale tra le due falde, presenta delle chiusure a *pinch-out*, che determinano in alcuni settori la formazione di un unico serbatoio con la conseguente miscelazione delle acque delle due falde. Il primo acquifero con circolazione idrica superficiale ha una permeabilità di 10^{-4} - 10^{-6} cm/sec ed è sostenuto dal livello argilloso a bassa permeabilità compresa tra 10^{-5} - 10^{-6} cm/sec, il secondo acquifero presenta un valore di permeabilità compreso tra 10^{-10} - 10^{-2} cm/sec.

I rilievi piezometrici a misurazione manuale effettuati durante diverse campagne di monitoraggio, condotte tra il 2002 ed il 2011, hanno consentito di confermare l'esistenza delle due falde e di ricostruire le direzioni di

deflusso delle acque sotterranee (Fig. 3). Nel caso della falda superficiale essa si rinviene di norma a una profondità variabile tra i 2m e i 7m dal piano campagna mentre la seconda falda a circa 11m-12 m dal p.c., esse mostrano in generale un deflusso preferenziale in direzione del F. Pescara, tuttavia una serie di controtendenze si sono individuate in corrispondenza di impianti industriali, che utilizzano le acque di falda attraverso il pompaggio in pozzi attestati alle profondità intercettanti anche la falda profonda confinata. La falda profonda, che rappresenta di fatto la falda di subalveo, mostra andamenti dei deflussi sotterranei che pur denotando un certo grado di dispersione si mantengono entro un generale andamento. Infatti nelle porzioni più settentrionali l'acquifero drena le acque del fiume, viceversa nei settori più orientali i gradienti idraulici generano direzioni di deflusso convergenti. Ciò suggerisce sia l'esistenza di paleo canali sepolti che di potenziali aree di affioramento della falda.

4.2 PRESSIONE ANTROPICA E CONTAMINAZIONE

L'assetto stratigrafico, illustrato nel paragrafo precedente, risulta modificato dalle attività antropiche in vasta parte dell'area in esame.

Nella fattispecie, in corrispondenza dei siti industriali (attivi e dismessi) insistenti nella porzione a sud-est del F. Pescara e localizzati entro depositi alluvionali terrazzati, sono stati frequentemente rinvenuti, nei primi metri, rifiuti speciali pericolosi e non pericolosi (es.: resti di materiale contenente fibre d'amianto, scorie di fonderia, contenitori di liquidi diluenti etc.) connessi ai cicli produttivi delle stesse aziende. Nel tratto della pianura alluvionale olocenica esaminata, che fino agli anni '60-'70 era sede di intensa attività estrattiva di materiale inerte (sabbie e ghiaie), le aree di cava, negli anni successivi, sono state utilizzate sia come discariche comunali, prive di presidi ambientali, che come depositi abusivi di rifiuti urbani, speciali pericolosi e non pericolosi.

Di quanto fosse rilevante l'impatto ambientale prodotto da tali attività è stata presa consapevolezza a seguito degli accertamenti analitici sulle acque sotterranee condotti dall'ARTA, a partire dagli anni 2000, e dalle autodenunce di alcune aziende in attuazione delle disposizioni previste dal Testo Unico in materia ambientale e dai suoi Decreti attuativi (D.Lgs. 22/97 e D.M. 471/99). La presenza di estese aree a destinazione agricola interessate da interrimenti di rifiuti e la contaminazione delle falde acquifere ha comportato l'emissione di Ordinanze Sindacali per il divieto di: coltivazione dei campi ad uso agroalimentare, asportazione e/o movimentazione di terreni, pascolo, utilizzo delle acque sotterranee captate e/o raccolte in bacini a scopo potabile od irriguo.

L'area in studio coincide con il territorio soggetto alle ordinanze entro il quale è ricompreso anche il Sito Contaminato di Interesse Regionale (S.I.R.) di Chieti Scalo, individuato con D.G.R. 121/2010 dalla Regione Abruzzo sulla base degli accertamenti effettuati dalla Provincia di Chieti di concerto con il Comune di Chieti e con il supporto tecnico dell'Unità Organizzativa "Siti inquinati e discariche" - Distretto di Chieti, ARTA.

L'interro di rifiuti misti a terreno *ex-situ*, rinvenuti in corrispondenza dei depositi alluvionali terrazzati pleistocenici e nelle alluvioni oloceniche, ha determinato la formazione di acquiferi "artificiali" con caratteristiche chimico-fisiche (pH, conducibilità idraulica, permeabilità, etc.) decisamente difforni da quelli originariamente presenti nei depositi alluvionali. Questa situazione ha prodotto una eterogeneità dei parametri idrochimici e idrogeologici tale da non poter consentire a priori nessuna assunzione del comportamen-

to delle acque sotterranee in regime statico. In questo studio si è focalizzata l'attenzione sul comparto ambientale della falda. I piani di indagine attuati hanno previsto la realizzazione di un numero elevato di piezometri, sia attestati entro la prima falda che in quella profonda, per discriminare e valutare l'estensione delle sorgenti secondarie individuate. I dati acquisiti tramite la realizzazione di indagini dirette sono stati integrati con quelli derivanti dalle analisi eseguite sui pozzi attivi ad uso industriale e su quelli ad uso irriguo, ove presenti. Sono stati inoltre inseriti nella banca dati anche dati relativi ad alcuni pozzi ad uso potabile.

Complessivamente l'elaborazione ha riguardato circa 170 piezometri spinti fino ad una profondità variabile tra i 10 m, per la falda freatica, e fino a 25-30 m, per la falda profonda. Inoltre il data-set comprende 10 pozzi ad uso industriale e/o irriguo, i primi attestati entro la falda profonda i secondi, ormai in disuso, in quella superficiale.

Lo stato chimico delle acque di falda è risultato pessimo; le cause del deterioramento sono legate al lungo periodo di diretto contatto della falda con i rifiuti ed in alcuni casi alla cattiva gestione degli impianti produttivi. In quest'ultimo caso si possono ricomprendere anche i processi di deterioramento e le mancate manutenzioni di impianti di servizio alle unità produttive. Fra queste in particolare i serbatoi interrati e le relative condutture, che nel corso del tempo, soprattutto nei siti industriali dismessi (fonderie, cartiere, concerie, etc...) hanno rilasciato nel sottosuolo quantità notevoli di sostanze contaminanti persistenti. Entrambe le falde sono risultate contaminate da solventi clorurati cancerogeni e non cancerogeni, da metalli pesanti e metalloidi.

Tra i solventi clorurati le maggiori concentrazioni sono state riscontrate per il tetracloroetilene, con picchi fino a 80.000 µg/L (valore soglia 1,1µg/L). Anche il tricloroetilene e l'1,2-dicloropropano si rinvenivano con valori significativi dell'ordine dei centinaia di microgrammi/L, sovente in associazione ai prodotti della loro stessa degradazione (Fig. 4). Fra i metalli si rinvenivano in maggior misura Arsenico, Piombo, Cromo (anche nella forma Cr VI), Ferro e Manganese.

Poiché le analisi chimiche eseguite nei punti di conformità hanno mostrato, per la gran parte dei siti in procedura di bonifica, il mancato rispetto delle CSC è stata evidenziata l'inefficacia dei sistemi installati per il contenimento degli inquinanti. Tali sistemi, attivati per la Messa in sicurezza d'emergenza (MISE) e la bonifica, sono di norma rappresentati da *pump & treat*. Essi, pur sembrando di facile applicazione, nelle zone alluvionali indagate sono risultati inef-

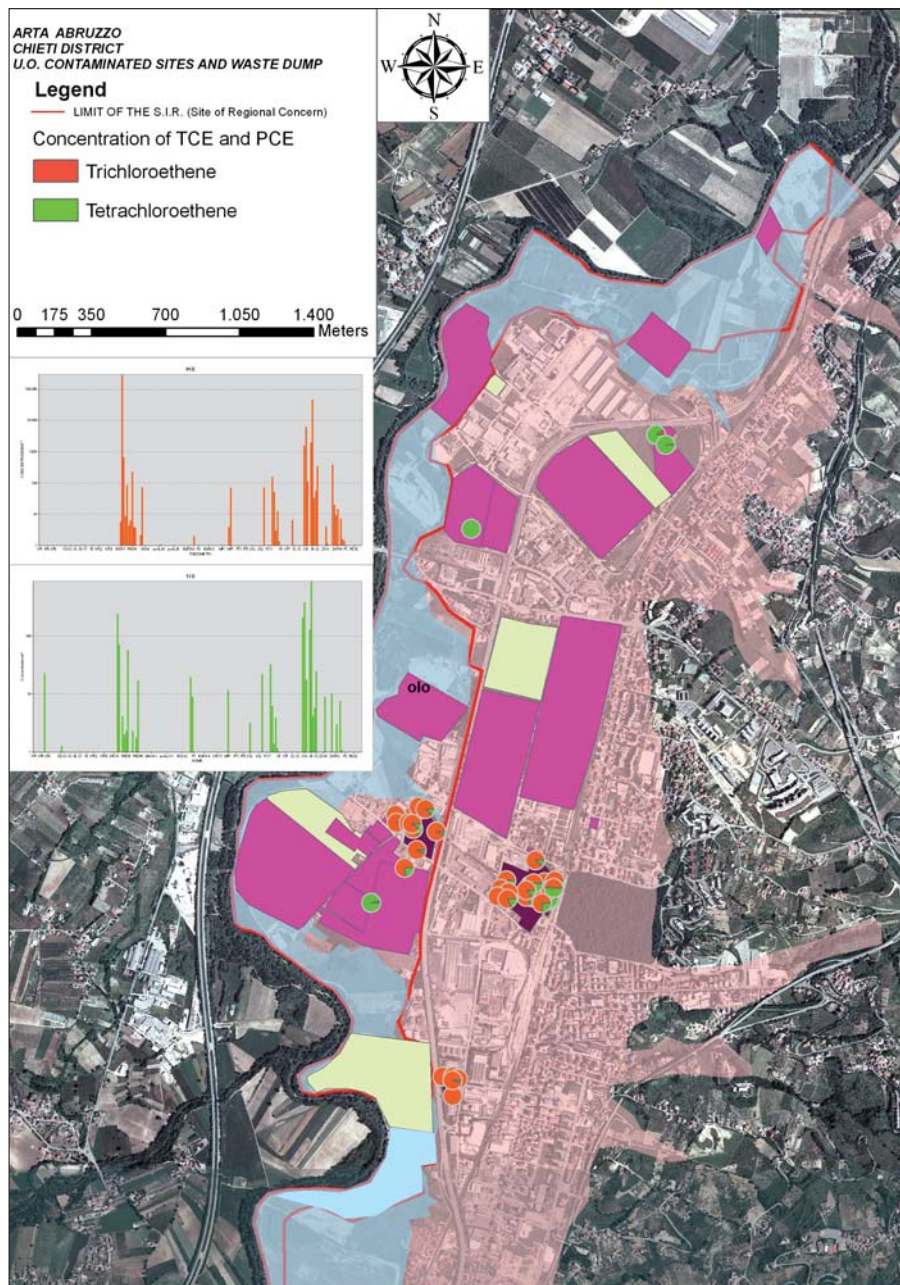


Figura 4 – Profili di concentrazione dei solventi clorurati cancerogeni scelti come contaminanti indice.

ficaci. Quanto su esposto suggerisce che i siti contaminati, anche sottoposti ad attività di bonifica o MISE, costituiscono spesso sorgenti secondarie di contaminazione per le falde. Ne consegue per i soggetti responsabili, proprietari o gestori dei siti posti a valle idrogeologica dei siti contaminati, la necessità di attuare le misure di prevenzione (MISE) per le acque sotterranee e di elaborare la procedura di Analisi di rischio ai sensi dell'art. 245 del D.Lgs. 152/06.

4.3 CRITERI PER LA REALIZZAZIONE DELLA CARTOGRAFIA DEL RISCHIO ATTESO IN AREE ESTESE

La metodologia elaborata prevede la creazione di una dettagliata banca dati in ambiente GIS dell'area in studio.

Il GeoDatabase comprende le cartografie di base e tematiche esistenti quali: il modello digitale dell'elevazione (DEM), la destinazio-

ne urbanistica, l'uso del suolo e la cartografia geologica.

L'insieme delle informazioni acquisite hanno permesso di implementare la banca dati ed effettuare elaborazioni geostatistiche per la produzione di nuove cartografie tematiche. Il primo elaborato cartografico su cui si è sviluppata la banca dati è la Carta dei siti oggetto di indagini ambientali (Fig. 5), nella quale sono indicati i siti industriali attivi e dismessi (distinti per tipologia) il perimetro del Sito contaminato di Interesse Regionale (individuato con DGR. 121/10) ed infine i siti sede di discariche autorizzate e non autorizzate.

Per fornire un possibile contributo alla comprensione della vulnerabilità della falda, sono stati considerati i seguenti parametri:

- profondità del piano della falda;
- tessiture della zona insatura e satura;
- frazione del carbonio organico;

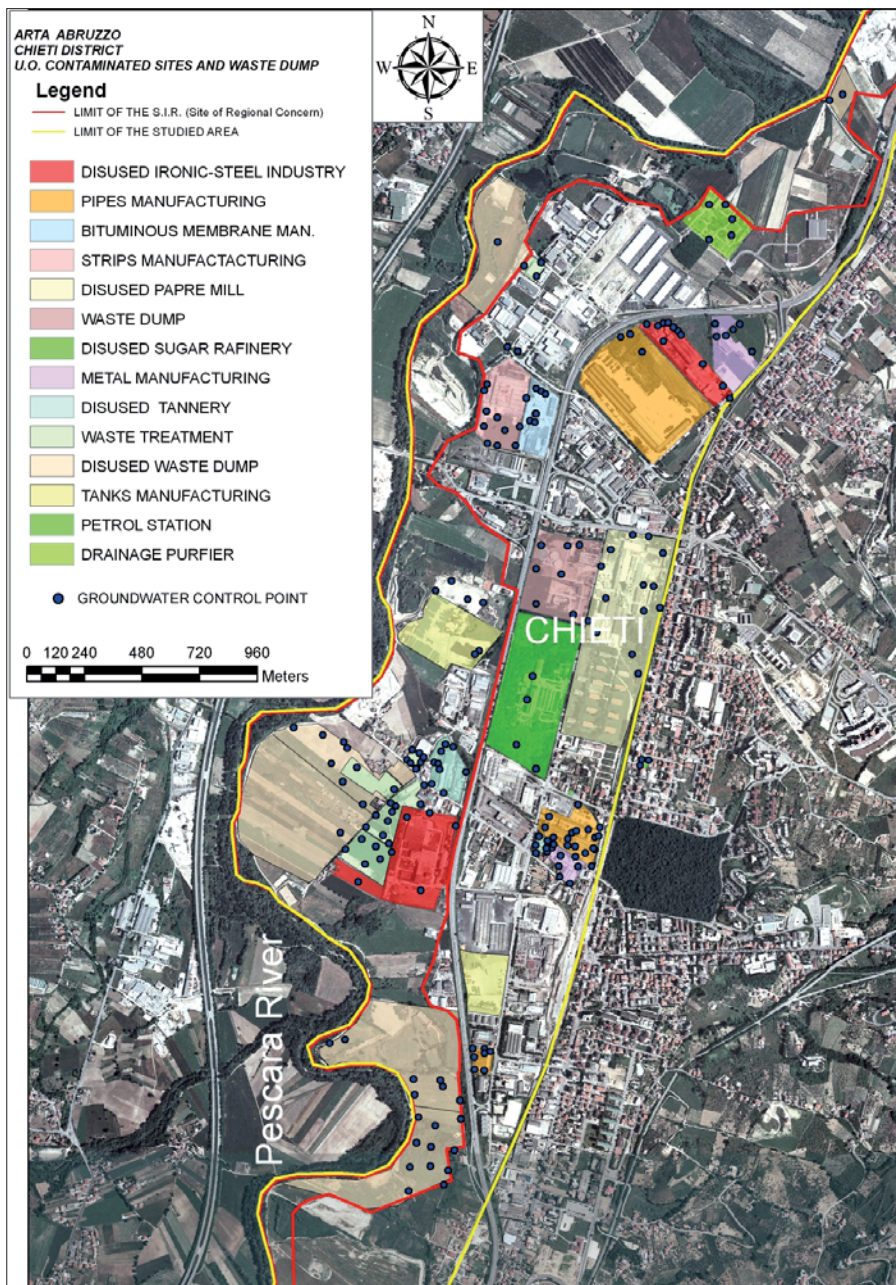


Figura 5 – Siti industriali oggetto di indagine di caratterizzazione cartografati su base ortofoto e distinti per tipologia di attività.

- caratteristiche della sorgente;
- tipologia dei contaminanti;
- spessore dell'acquifero;
- concentrazioni analitiche dei parametri significativi

L'insieme dei dati è stato acquisito dall'ARTA Distretto Provinciale di Chieti durante le fasi di caratterizzazione ambientale e le campagne di monitoraggio condotte tra il 2002 ed il 2011.

Tra i contaminanti rinvenuti sono stati selezionati quelli con caratteristiche tossicologiche più pericolose e maggior distribuzione sul territorio indagato, identificando la presenza di eventuali *outliers* veri o falsi.

Al fine di poter individuare una distinzione delle classi di rischio, sono stati sovrapposti i *layers* relativi alle cartografie delle distribuzioni delle litologie e degli andamenti della superficie piezometrica con quelle dei *plumes* dei contaminanti presi in considerazione.

I risultati così ottenuti hanno consentito di distinguere 5 aree a diversa grado di rischio (Fig. 6):

- a) aree con contaminazione della falda molto elevata che, a causa della modesta profondità della falda (compresa tra 0-3 m) e della presenza di litologie a permeabilità medio-alta (10^{-4} - 10^{-6} cm/s), producono un *Rischio molto elevato*;
- b) aree con contaminazione della falda elevata che, a causa della moderata profondità della falda (compresa tra 3-5 m) ed della presenza di litologie a permeabilità medio-alta (10^{-4} - 10^{-6} cm/s), producono un *Rischio elevato*;
- c) aree con contaminazione della falda moderata che, a causa della profondità della falda (compresa tra 5-7 m) e della presenza di litologie a permeabilità medio-alta (10^{-4} - 10^{-6} cm/s), producono un *Rischio medio*;

d) aree con contaminazione della falda non significativa, con contaminanti allo stato solido e presenza di litologie a permeabilità anche molto variabili da bassa ad alta (10^{-2} - 10^{-6} cm/s) e caratterizzata da un *Rischio basso*;

e) aree potenzialmente contaminate (*Rischio atteso*) o aree vulnerabili, intendendo per vulnerabilità con il linguaggio dell'AdR le aree ad alta probabilità di Danno sanitario e ambientale.

Le aree a rischio atteso, corrispondono a quelle porzioni di territorio che risultano in prossimità o a valle di siti a *Rischio molto elevato, elevato, medio e basso* in cui spesso non si dispone di una adeguata campagna d'indagine sulle matrici ambientali. Tali aree potranno essere definite solo nel momento in cui si disporrà di un maggior numero di dati sito specifici ottenuti da uno studio di maggior dettaglio finalizzato a definire i possibili percorsi *indoor* e *outdoor* ed i bersagli; fermo restando che per lo stato chimico delle acque sotterranee si prescinde dalla destinazione d'uso delle stesse.

5. CONCLUSIONI

Le informazioni raccolte dall'ARTA Distretto Provinciale di Chieti durante le fasi di caratterizzazione ambientale e le campagne di monitoraggio tra il 2002 ed il 2011, nella banca dati e le cartografie da essa estrapolate testimoniano un elevato impatto sulle falde della Valle del F. Pescara nel tratto ricadente nel comune di Chieti, prodotto prevalentemente dalle attività industriali dimesse e da interrimento abusivo di rifiuti urbani ed industriali.

La contaminazione nelle acque sotterranee è prevalentemente rappresentata da solventi clorurati, tra i quali le maggiori concentrazioni sono state riscontrate per il tetracloroetilene e il tricloroetilene, sovente rinvenuti assieme ai prodotti della loro stessa degradazione. Anche l'1,2-dicloropropano si osserva con valori di concentrazione molto elevati. La distribuzione degli inquinanti coincide con le tipologie degli impianti dismessi che ne facevano uso nel processo produttivo (ex-concerie, ex-produzione tessuti bitumati, ex-trattamento metalli, ex-fonderie, etc.). A tali contaminanti si associa anche la diffusa presenza di concentrazioni elevate di metalli quali Ferro, Piombo, Nichel e Alluminio in parte connesso al frequente rinvenimento di scorie di fonderia interrate ed in parte ricondotta al ciclo produttivo di impianti di trattamento rifiuti in attività. Tale riscontro può essere attribuito alla non adeguata gestione delle acque di prima pioggia dei piazzali di lavorazione dei rifiuti. Viceversa, l'attribuzione della presenza di concentrazioni significative di Arsenico

risulta ancora problematica, in quanto potrebbe ricondursi ad attività industriali o ad una fonte naturale dovuta all'esistenza di importanti depositi torbosi nelle alluvioni.

Sulla base dei dati sono state elaborate delle cartografie tematiche con lo scopo di fornire un possibile apporto alla comprensione della vulnerabilità della falda con la definizione delle aree a diverso grado di Rischio Sanitario-Ambientale.

Il *Rischio* è stato valutato utilizzando equazioni matematiche per il calcolo dei fattori di trasporto e di esposizione implementate nei software dedicati, in accordo con quanto stabilito dalle linee guida APAT-ISPRA (2008) e dalla normativa Italiana (D.Lgs 152/06 e D.Lgs. 4/08). Note le caratteristiche idrogeologiche e geologiche dei siti nonché le concentrazioni dei contaminanti indice individuati nei copri idrici sotterranei, sono stati valutati i possibili percorsi di migrazione ed i ricettori, rappresentati sia dai lavoratori che dalla stessa falda. Pertanto, la valutazione del Rischio Sanitario-Ambientale consente di stimare la vulnerabilità dei corpi idrici, analogamente ai sistemi a punteggi e a pesi (quali ad es. DRASTIC o SINTACS), in un contesto di impatti antropici definiti e misurati, stimando inoltre il rischio derivante in presenza di contaminanti cancerogeni (assunti giornalmente), la cui assunzione produce la probabilità di casi incrementali di tumore (R) ed in presenza di contaminanti non cancerogeno, che non producono effetti avversi durante il corso della vita (HI).

L'AdR ha consentito di definire aree a *Rischio molto elevato, elevato, medio e basso* per la falda e per i bersagli interni. In base a quanto previsto dalla normativa vigente sono previsti piani di bonifica e di messa in sicurezza operativa, qualora essi ricadono all'interno delle aree con impianti produttivi attivi e dismessi.

Tuttavia poiché una consistente parte dell'area indagata risulta priva di una adeguata campagna d'indagine, se non nei rari casi in cui esiste un controllo puntuale (progetti monitoraggi regionali), il *Rischio atteso* è stato attribuito a quelle porzioni di territorio che risultano in prossimità o a valle di siti a *Rischio molto elevato, elevato, medio e basso*. In questa situazione le informazioni raccolte nel *Geodatabase* e le carte tematiche costituiscono un valido supporto per la conoscenza delle potenziali sorgenti della contaminazione e del *fate&transport* dei contaminanti.

In ultima analisi la Cartografia del Rischio atteso pone in evidenza quanto sia rilevante l'impatto prodotto dall'attività antropica sulla Valle del F. Pescara e come lo stesso possa essere di norma ricondotto sia ad ogni singola sorgente di contaminazione che all'ineffica-

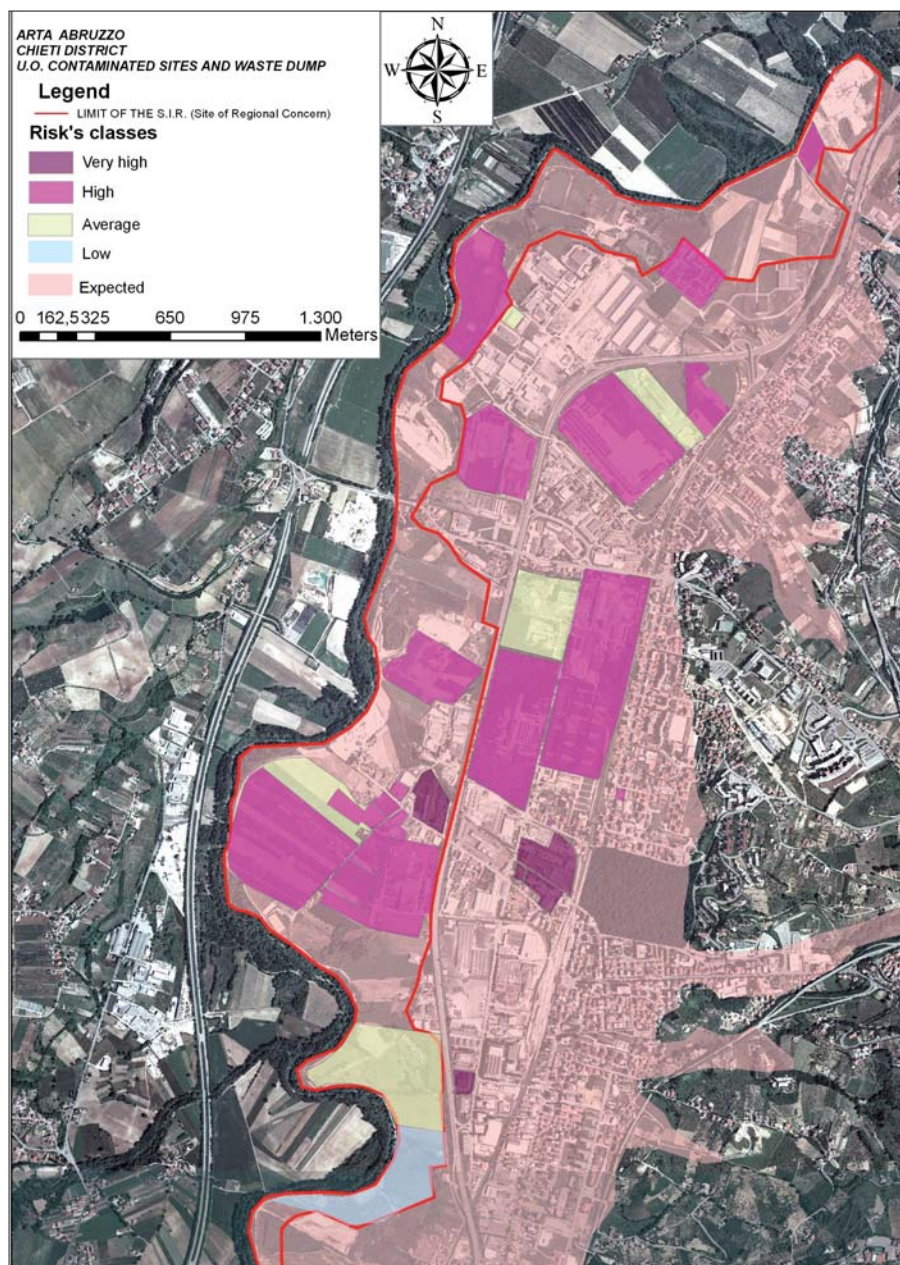


Figura 6 – Carta del rischio valutato e atteso contestualmente ai corpi idrici sotterranei individuati e acquiferi dei depositi del Pleistocene superiore e Olocene.

cia dei sistemi utilizzati per il contenimento degli inquinanti (es.: *pump & treat*).

Una possibile evoluzione di tale strumento potrà essere quello di fornire Linee Guida che consentano di mirare la scelta delle indagini ambientali più adeguate nelle aree a rischio atteso e di rimodulare quelle già attivate entro i siti in procedura di bonifica.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ASTM (2000) - E-2081 *Standard Guide for Risk-Based corrective action*, ASTM International West Conshohocken, PA.
- D'ALESSANDRO L., MICCADEI E. & BARBERI R. (in stampa) - *Stratigrafia del Quaternario continentale*. In: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia (scala1:50.000), Foglio 361 "Chieti". Servizio Geologico d'Italia, ISPRA.
- ISPRA-APAT (2008) - *Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati*. Rev. 2. <http://www.isprambiente.gov.it/>

- files/temi/siti-contaminati-02marzo08.pdf
- D.G.R. 121/10 (2010) - *Istituzione di un Sito di Interesse Regionale (S.I.R.) denominato: 'Chieti Scalo'*. BURA 02/04/2010, n. 15 spec.
- D.Lgs. 22/97 (1997) - *Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio*. G.U. 15/02/1997, n.38 s.o.
- D.Lgs. 152/06 (2006) - *Norme in materia ambientale*. G.U. 14/04/2006, n. 88, s.o. n. 96/L.
- D.Lgs. 04/08 (2008) - *Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006*, n. 152, recante norme in materia ambientale. G.U. 29/01/2008, n. 24, s.o.
- D.Lgs. 30/09 (2009) - *Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento*. G.U. 04/04/2009, n. 79.
- D.M. 471/99 (1999) - *Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del decreto legislativo 5 febbraio 1997*, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni. G.U. 15/12/1999, n. 293 s.o., n. 218.

Deformazioni gravitative di versante e centri abitati instabili: il caso di Magnasco, Cerisola e Villa Noce in Alta Val D'Aveto (Appennino ligure)

ANNA ROCCATI
Consulente Geologo (Ph. D.)
E mail: anna.roccati@fastwenet.it

FRANCESCO FACCINI
Università degli Studi di Genova, DiSTAV
E mail: faccini@unige.it

FLAVIO POGGI
Regione Liguria, Dipartimento Ambiente,
Settore Assetto del Territorio
E mail: flavio.poggi@regione.liguria.it

INTRODUZIONE

Lo studio dei centri abitati instabili, intesi come insediamenti con dimensioni superiori alle unità urbane e coinvolti da fenomeni di instabilità di versante, risale agli inizi del 1900: infatti nella Legge 445/1908 è allegato un elenco di "abitati instabili" da consolidare, o da trasferire e ricostruire in altra sede, a causa del dissesto idrogeologico. Con la Legge n. 64/1974 sono stati specificati gli interventi nei Comuni aventi centri abitati instabili: la compatibilità con gli strumenti urbanistici era gestita dal Genio Civile, mentre oggi è competenza della Regione. In tempi più recenti, con l'emanazione della Legge-Quadro sulla difesa del suolo n. 183/89 e del Decreto Sarno n. 180/98 (che hanno comportato la definizione del Piano per l'Assetto Idrogeologico), del progetto Inventario Fenomeni Franosi (IFFI) e del progetto Studio dei Centri Abitati Instabili (SCAI), si è definitivamente avviato il processo di conoscenza della pericolosità geomorfologica dei versanti che può determinare rischio per abitazioni e infrastrutture.

Il progetto SCAI è certamente uno dei maggiori impegni affrontati dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche e anche uno dei più delicati, per le conseguenze che dagli studi sugli insediamenti in frana possono derivare, soprattutto per la valutazione del rischio idrogeologico. Nel caso della Liguria i centri abitati instabili sono stati differenziati su base provinciale e oggetto di monografie essenziali, nel caso di insediamenti ritenuti importanti, o di segnalazione, per abitati minori (Federici *et al.*, 2004).

Il contesto morfoevolutivo più generale rispetto all'area insediata e indagata, la possibilità di disporre di profili stratigrafici diretti o indiretti e l'acquisizione di dati sperimentali sul monitoraggio dei versanti, in particolare tipo *remote sensing*, consentono di aggiornare gli studi disponibili per alcuni centri abitati, soprattutto dove l'assetto geologico e idrogeologico del versante appare piuttosto complesso. In queste situazioni è possibile che un fenomeno franoso non venga inquadrato in un contesto geomorfologico più ampio, mentre

lo stato di attività dei depositi risulta spesso ottenuto da indicatori cinematici indiretti.

Questo lavoro prende in esame il caso dei nuclei insediativi di Magnasco, Cerisola e Villa Noce, ubicati nel sottobacino ligure del T. Aveto (Liguria Orientale), lungo il versante tra la dorsale dei monti Penna, Aiona, degli Abeti e il T. Gramizza, affluente in destra idrografica del T. Aveto all'altezza di Rezzoaglio.

Si tratta di uno dei luoghi più conosciuti e rappresentativi del Parco Naturale Regionale dell'Aveto per il grande patrimonio naturalistico (Laghi delle Lame e delle Agoraie), ma anche archeologico, storico-culturale e architettonico; le particolarità geologiche, geomorfologiche e geobotaniche presenti in questa porzione dell'Appennino Ligure sono state oggetto di ricerche dal XIX secolo.

L'obiettivo della ricerca è individuare la genesi e lo stato di attività dei depositi che possono determinare condizioni di rischio per i centri abitati rurali interessati dalle dinamiche di versante. A tal fine, oltre alla ricerca bibliografica e cartografica di geologia s.l., sono stati raccolti studi connessi a strumenti di pianificazione territoriale per la difesa del suolo, quali l'Atlante SCAI, il PAI, gli studi IFFI.

L'attività di rilevamento in sito è stata integrata dalla fotointerpretazione su voli aerei regionali, che ha permesso di identificare le principali lineazioni tettoniche dell'area.

Allo scopo di ottenere una stratigrafia di un tratto significativo di versante è stato eseguito un profilo sismico a rifrazione con restituzione delle velocità delle onde longitudinali, trasversali e due misure di rumore ambientale, o microtremore sismico.

La dinamica di versante è stata valutata attraverso il censimento dei bersagli radar (*Permanent Scatterers*) individuati con interferometria satellitare PSInSAR™ e ricadenti nelle frazioni di Magnasco, Cerisola e Villanocce, al fine di verificarne la significatività e l'attendibilità della misura di spostamento associata. Nei casi in cui la deformazione potesse essere riconducibile a un manufatto, è stato associato su base catastale il censimento del suo stato fessurativo.

STATO ATTUALE DELLE CONOSCENZE

I primi studi nei settori dei monti Penna e Aiona, con riferimento a tracce glaciali, risalgono alla seconda metà del XIX secolo (De Stefani, 1878; Issel, 1892; Sacco, 1893), e analoghe considerazioni geomorfologiche sulla Val d'Aveto e sul glacialismo del M. Aiona sono riportate da Rovereto (1904).

Sempre all'inizio del XX secolo Almagià (1907) individua alcuni fenomeni gravitativi lungo il versante settentrionale del M. degli Abeti, favoriti dal contrasto di competenza tra le diverse litologie. Sacco (1937) descrive una decina di masse glaciali e nevai, oltre a numerose forme connesse quali circhi, cordoni morenici, depositi morenici sciolti, gradini in roccia, laghi di sbarramento e massi erratici nel settore dei monti Penna e Aiona. Losacco (1940; 1949 e 1982) descrive in dettaglio le masse glaciali che si sarebbero estese lungo le pendici settentrionali dei monti Penna, Cantomoro, Aiona e degli Abeti, fino all'altezza dei nuclei di Amborzasco, Magnasco e Cerisola. Terranova (1987) riporta un'ipotesi secondo la quale questi depositi morenici sarebbero stati rielaborati da lenti movimenti gravitativi.

Depositi morenici sono cartografati da Casnedi *et al.* (1993) lungo le pendici settentrionali della dorsale dei monti Penna, Aiona, degli Abeti e nei settori delle Lame e Pratomollo e analoghi terreni a struttura caotica, di natura glaciale, sono riportati nella più recente cartografia geologica regionale (Regione Liguria, 2005).

Nel progetto IFFI lungo l'intero versante sono censiti movimenti gravitativi con cinematici prevalenti per scivolamento/scorrimento e colamento lento che interessano Casoni di Amborzasco, Magnasco e Cerisola; le frane sono descritte inattive quiescenti o inattive stabilizzate, fatta eccezione per alcuni corpi attivi in sinistra orografica del R. Crosa Scura.

Nel PAI, preparato dall'Autorità di Bacino del Po nel 1999, le frane lungo il versante su cui insistono Magnasco, Cerisola e Villa Rocca sono classificate quiescenti (Fq), con cinematici di diverso tipo; sono indicati attivi solo alcuni fenomeni per scivolamento/

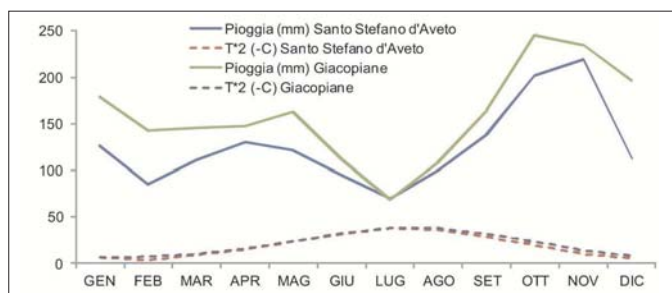
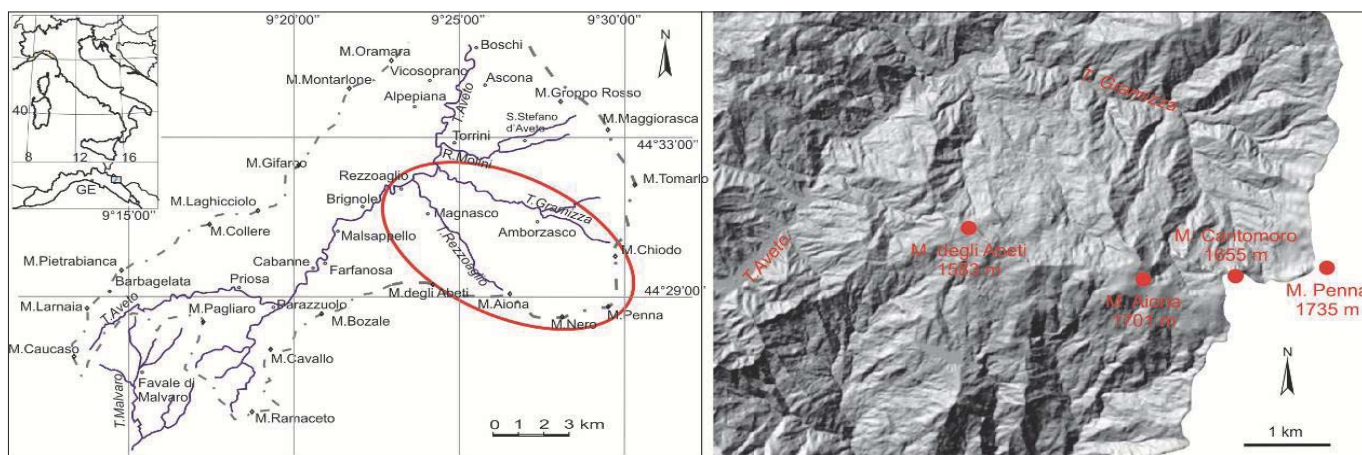


Figura 1 – Schema geografico dell'Alta Val d'Aveto e Digital Elevation Model (D.E.M.) a 25 m del versante compreso tra la dorsale dei monti Penna, Aiona, degli Abeti ed i Torrenti Aveto e Gramizza.

Figura 2 – Diagramma P-T (ombrotermico) delle stazioni meteorologiche di S. Stefano d'Aveto e Giacopiane.

Figura 3 – Versante settentrionale dei monti Penna, Cantomoro, Aiona e degli Abeti e sul quale insistono i nuclei abitati di Magnasco, Cerisola, Villa Noce (veduta dalla S.P. 654 del Passo del Tomarolo).

I bassi valori di temperatura media annua determinano una ridotta evapotraspirazione e di conseguenza un elevato deflusso, sia superficiale sia sotterraneo, in tutti i mesi dell'anno, senza periodi di deficit (Fig. 2).

Il surplus idrico calcolato trova conferma anche con quanto osservato direttamente sul terreno, come testimoniato da un significativo deflusso superficiale anche in estate: a tale proposito sono da segnalare le sorgenti ubicate sia all'interno degli estesi corpi di frana, come nelle vicinanze dei nuclei di Magnasco e Cerisola e alle Lame, sia a quote più elevate, in prossimità del crinale. La distribuzione dei surplus idrici risente notevolmente dei totali medi annui di precipitazione e, in subordine, delle temperature, con i valori massimi distribuiti lungo la dorsale appenninica, in particolare nel settore dei monti Penna e Aiona.

RISULTATI

L'assetto geologico della porzione di territorio studiata appare complesso, anche per i limitati affioramenti, visibili quasi esclusivamente lungo la dorsale tra i monti Penna e degli Abeti (Fig. 3).

Nell'area del M. Aiona affiorano olistoliti di serpentiniti e peridotiti, mentre basalti a pillows e massicci, associati a breccie basaltiche, costituiscono i massicci dei monti Penna e Cantomoro (Marini e Terranova, 1980; Terranova e Zanzucchi, 1981; Elter *et al.*, 1991). Lungo il versante orografico sinistro del T. Gramizza affiorano complessi caotici, costituiti da arenarie ofiolitiche, breccie mono e poligeniche a matrice argillitica e olistoliti ultrafemici (Complesso di Casanova), associati ad argilliti con intercalati lembi di olistostromi a matrice argillosa e clasti calcarei (Argille a Palombini di M. Veri); marne, calcari marnosi e marne calcaree, talora con livelli argillitici e arenacei, affiorano, infine, nei settori più settentrionali dell'area in esame (Flysch di Ottone).

Le principali lineazioni tettoniche, che hanno condizionato l'andamento della rete idrografica, sono orientate secondo due sistemi disposti circa NNE-SSO e NO-SE.

scorrimento o colamento lungo le pendici del M. Rocchetta, i crolli in roccia lungo le pareti del M. Aiona e i fenomeni di instabilità delle falde detritiche. La classificazione riportata nella recente Variante al Piano di Coordinamento Paesistico della Provincia di Genova per i Bacini Padani del 2008 classifica le frane su cui sorgono le frazioni di Magnasco, Cerisola e Villa Noce come quiescenti, fatta eccezione del settore a valle di Villa Rocca.

PROFILO GEOGRAFICO-AMBIENTALE

Il bacino idrografico del T. Aveto si estende per circa 250 km² nell'entroterra di Chiavari, al confine tra le Province di Genova e di Piacenza (Fig. 1).

Il T. Aveto, affluente in destra orografica del F. Trebbia, si snoda in territorio ligure dalle sorgenti, lungo le pendici orientali del M. Caucaso, fino alla diga di Boschi; superato lo sbarramento artificiale il corso d'acqua prosegue nel piacentino fino alla confluenza con il F. Trebbia in località Confiente, a monte dell'abitato di Marsaglia, scorrendo in un caratteristico canyon tra Alpepiana e Salsominore.

Lo spartiacque che delimita l'alto bacino del T. Aveto è caratterizzato da cime che superano 1700 m s.l.m., a ridotta distanza dal mare: questa configurazione orografica, con i versanti meridionali della dorsale montuosa esposti verso S e quelli settentrionali verso N-NE, influisce sulla circolazione atmosferica. L'incontro

tra l'aria umida proveniente dal mare e quella più fredda e secca dai quadranti settentrionali determina abbondanti precipitazioni al suolo, solide e liquide (Faccini *et al.*, 2009).

Le precipitazioni medie annue variano da 1350 mm a Boschi d'Aveto a oltre 2400 mm alla Casermetta del M. Penna e sono distribuite nell'anno, con un massimo assoluto in autunno e un minimo assoluto in estate. L'andamento delle precipitazioni mostra una correlazione positiva con la quota.

In media si verificano 108 giorni di pioggia all'anno (i valori massimi si registrano a quote più elevate con oltre 120 giorni a Lago Giacopiane e alla Casermetta del Penna) con un'intensità media giornaliera di circa 17 mm; le piogge prolungate nel corso delle 24 ore avvengono in autunno (ottobre), mentre i massimi orari si riscontrano quasi sempre durante i frequenti temporali estivi.

La temperatura media annua oscilla tra 9.4°C a S. Stefano d'Aveto e 10.3°C a Lago Giacopiane: la distribuzione delle isoterme medie annue mostra una fascia caratterizzata da valori massimi in corrispondenza del fondovalle che tendono a diminuire con la quota.

La quantità media annua di neve caduta al suolo è superiore a 70 cm e le precipitazioni nevose risultano distribuite da fine ottobre a marzo; altezza e permanenza al suolo dello strato nevoso variano sensibilmente con la quota e l'esposizione.

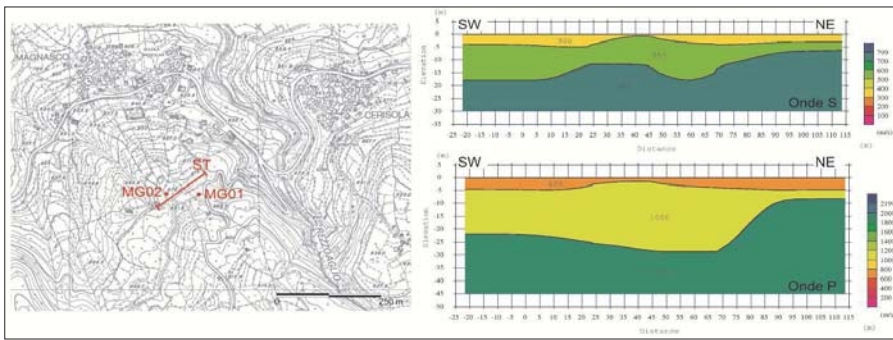


Figura 4 – Ubicazione delle indagini geofisiche (ST = stesa sismica a rifrazione; MG = misure di microtremore) e sezione sismo-stratigrafica in onde P e S.

La morfologia del versante esaminato è caratterizzata da pendii acclivi e scarpate rocciose, localmente a profilo sub-verticale, come sui versanti settentrionali dei monti Penna, Cantomoro e Aiona, associate ad aree a debole pendenza, con coperture di diversa origine e spessore, come sul versante orografico sinistro del T. Gramizza e nel fondovalle.

L'assetto geomorfologico che caratterizza l'area investigata è legato, oltre alle caratteristiche geologiche e all'evoluzione tettonica, alle forme, ai processi e ai depositi dovuti alla gravità, alle acque correnti e all'azione crionivale.

Coperture detritiche si estendono con uniformità su tutto il versante in sponda sinistra del T. Gramizza, isolando piccoli affioramenti del substrato roccioso. Si possono descrivere due grandi corpi di frana complessa, presumibilmente antica e relitta: il primo occupa il settore occidentale dell'area, tra i monti degli Abeti e Aiona, si estende in direzione SO verso il T. Gramizza e comprende gli insediamenti di Magnasco, Cerisola e Villa Rocca, nel bacino del T. Rezzoaglio. Il secondo, che occupa la porzione orientale ed è separato dal primo dalla costa che dal M. Aiona raggiunge la Colla del Cantomoro, è compreso tra lo stesso M. Aiona e il M. Penna, si estende verso S e interessa gli insediamenti di Amborzasco e Casoni, nell'alto bacino del T. Gramizza e del Rio Nero.

Crolli e ribaltamenti attivi in roccia e conseguenti falde e conoidi detritiche allo sbocco dei ripidi canalini, si osservano sopra 1200 m di quota, in corrispondenza del fronte N dei monti Cantomoro e Aiona, bordati da scarpate di degradazione e/o frana con altezza anche superiore a 100 m.

Colate attive sono diffuse sul territorio esaminato, nel bacino del Rio Nero e del Rio Asperelle, vicino all'abitato di Villa Rocca, mentre frane complesse attive sono state rilevate in sponda sinistra del rio Dugaia e nel bacino del T. Rezzoaglio, in corrispondenza di Magnasco e Cerisola.

Precipitazioni di breve durata e forte intensità determinano un accentuato trasporto solido e innescano colate detritiche, come sulla Costa dell'Aiona e sulle Nove Fontane, in testata del bacino del T. Rezzoaglio.

Tra le forme dovute alle acque correnti si segnala, innanzitutto, che i corsi d'acqua, acclivi e di breve lunghezza, sono in approfondi-

mento: a causa dello spessore delle coperture l'alveo è bordato da scarpate di erosione torrentizia, di altezza anche superiore a 5 m. Le portate sono variabili in funzione del regime delle precipitazioni e in primavera si aggiunge il contributo dovuto allo scioglimento della neve. Depositi colluviali sono presenti in tutta l'area investigata, soprattutto nelle porzioni medio-basse dei versanti, come nei dintorni di Amborzasco, Casoni e Villa Noce, in sponda sinistra dei torrenti Gramizza e Dugaia.

I numerosi depositi lacustri sono correlati alle note zone umide di questo territorio (Branch, 2004): il versante è caratterizzato da una successione di piane collegate da più ripide scarpate. La prima spianata è ubicata a 1300 m e racchiude le zone palustri più significative, come il Lago degli Abeti, la Pozza degli Abeti, i Laghi Agoraie di Sopra, di Mezzo, di Fondo, il Lago Riondo (Riserva Orientata delle Agoraie) e il Lago Lagastro (Riserva Orientata del Moggetto). Una seconda area pianeggiante si estende a 1270 m e contiene i Laghi delle Asperelle e dei Fracci, mentre la terza spianata è ubicata a 1030 m, poco sotto la depressione chiusa del Lago delle Lame, e presenta il Lago della Navazza, Lago del Corvo (o Pozza dell'Ortigaro), Pozza della Polenta e il piccolo Lago Scuro.

Forme crionivali, spesso interposte a depositi di diversa origine, sia gravitativa sia fluviale, sono visibili sulla Costa dell'Aiona, sui versanti N dei monti Nero e Cantomoro, e sono riconducibili a *block streams*. Alcuni canaloni da valanga sono presenti sul versante settentrionale dei monti Aiona e Cantomoro; in caso di intense nevicate si verificano distacchi localizzati dovuti ad accumuli di neve, favoriti dall'azione del vento.

La prospezione geofisica a rifrazione, condotta a 800 m s.l.m. sopra l'abitato di Magnasco, ha permesso di identificare due unità sismo-stratigrafiche (Fig. 4). La prima è caratterizzata da terreni omogenei con valori medi di V_p di 600 m/s e di V_s di 300 m/s: l'interpretazione derivata dalle tomografie sismiche in onde P e S evidenzia un contrasto di impedenza sismica variabile lungo il profilo da circa 3 m a 5 m dal p.c.. La seconda unità, invece, presenta terreni eterogenei, caratterizzati da inversioni di velocità, con valori di VP tra 800 m/s e 1800 m/s circa e VS di circa 550 m/s. È possibile individuare un livello saturo a circa 15-20 m dal p.c.

Le misure di microtremore (Nakamura, 1989) condotte utilizzando i valori di frequenza fondamentale ottenuti dalle curve H/V per ciascun sito, hanno permesso di stimare tra 97 e 103 m la profondità del tetto del *bedrock*, ipotizzando, sulla base delle informazioni fornite dalla tomografia sismica in onde SH, un valore medio delle velocità nel livello sovrastante di 580 m/s.

Le attività di censimento dei bersagli radar e dello stato fessurativo dei manufatti hanno permesso di individuare circa 800 target, per lo più rappresentati da fabbricati abitativi (451) e agricoli (162); altri PS coincidono con muri di sostegno (15), guard-rail (7) e piazzali (6). I fabbricati sono finiti (377) o ristrutturati (294) e sono parzialmente (385) o totalmente utilizzati, in subordine risultano abbandonati (28).

Oltre la metà dei manufatti non mostra danni (294) o solo lievi lesioni superficiali (279). In alcuni casi sono state osservate lesioni da significative (75) fino a profonde, con fessure aperte e deformazioni (16): le peggiori condizioni di conservazione delle strutture sono state osservate in fabbricati in pietra (Fig. 5).

I dati di monitoraggio ottenuti tramite la tecnica PSInSARTM, riguardano il satellite ERS (1992-2001) e il satellite ENVISAT (2002-2008), in modalità sia discendente sia ascendente. Sono stati individuati oltre 1000 bersagli nella porzione di versante tra i Laghi delle Lame e delle Agoraie e il T. Gramizza; in particolare sono stati analizzati i PS nelle frazioni di Magnasco, Cerisola, Villa Noce e Villa Rocca (circa 900) al fine di ricavare informazioni sui cinematismi e le interferenze con manufatti e infrastrutture (Fig. 6).

La distribuzione dei PS relativi al dataset ERS discendente mostra velocità medie annue tra -20 mm e oltre -30 mm in corrispondenza di Magnasco e Cerisola, mentre presso Villa Rocca i PS registrano velocità tra -6 mm e -15 mm. In corrispondenza di Villa Noce i tassi di spostamento annui risultano tra -2 mm e +2 mm. La distribuzione dei PS relativi al dataset ERS ascendente mostra velocità medie tra 0 mm e 10 mm, con valori massimi in corrispondenza di Magnasco e del settore di Cerisola a valle della Strada Provinciale.

I dati PS relativi al dataset ENVISAT discendente confermano le elevate velocità medie annue registrate dal satellite ERS con valori complessivamente negativi, se pur leggermente inferiori, contenuti tra -18 mm e -32 mm, con valori significativi in corrispondenza della frazione di Cerisola. Infine, la distribuzione dei PS relativi al dataset ENVISAT ascendente mostra velocità medie variabili tra 0 mm e 6 mm, inferiori, in valore assoluto, rispetto a quelle misurate in orbita ascendente dal satellite ERS nel decennio antecedente.

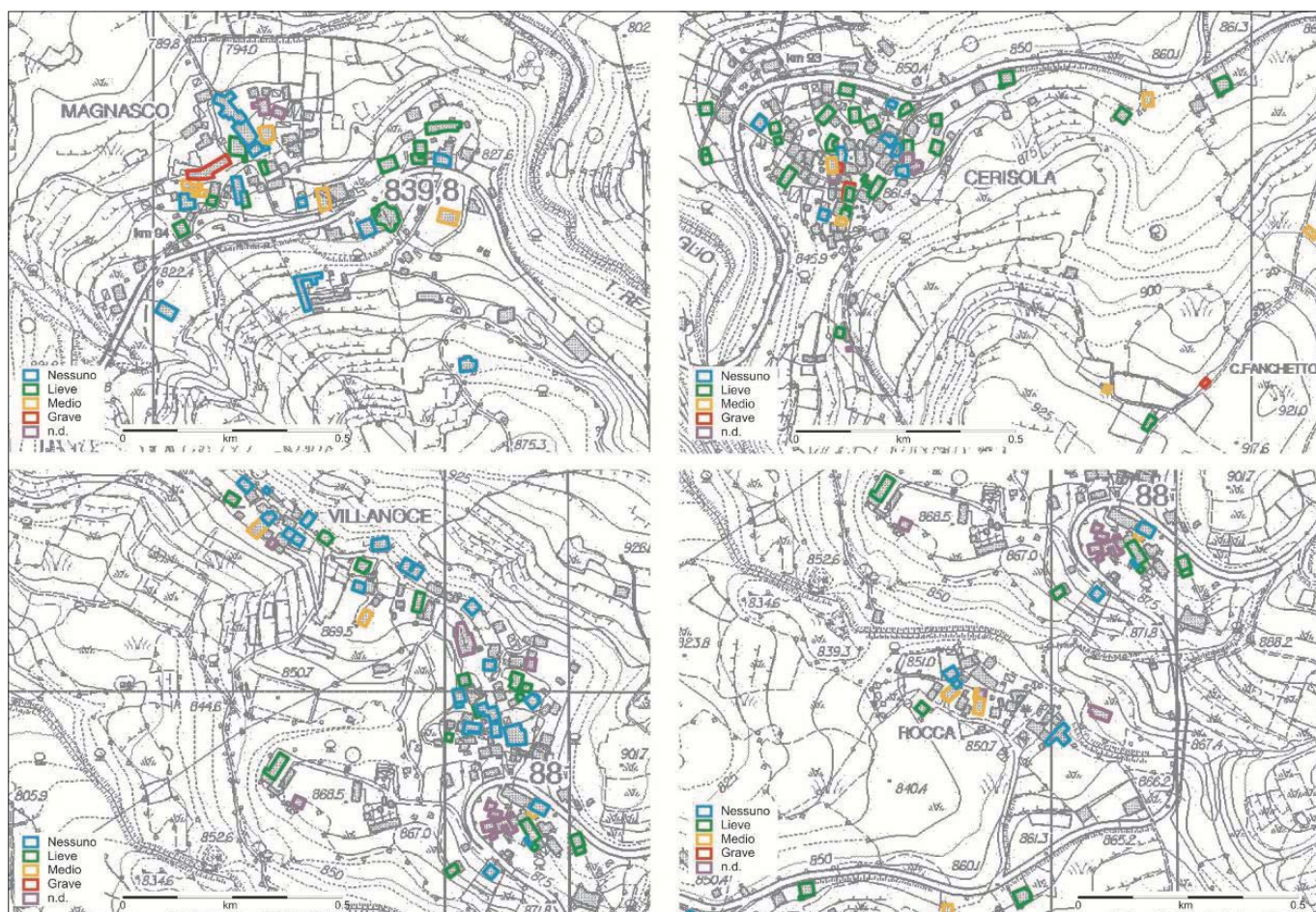


Figura 5 – Carta delle lesioni (riportate su Carta Tecnica Regionale sovrapposta al livello vettoriale degli edifici da catasto) osservate sui bersagli-edifici nelle frazioni di Magnasco, Cerisola, Villa Noce e Villa Rocca

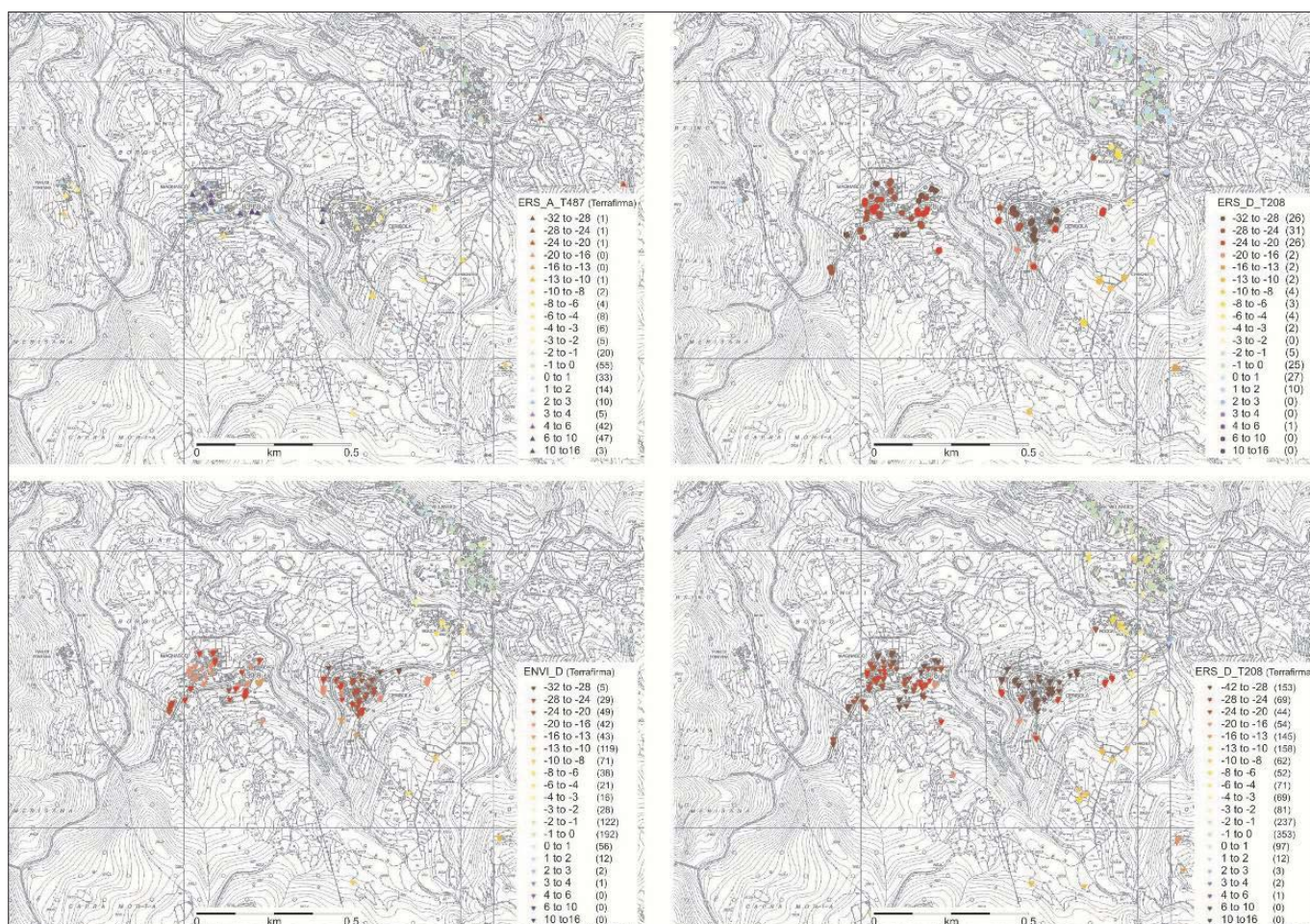


Figura 6 – Distribuzione dei PS relativi ai dataset ERS ed ENVISAT, in entrambe le geometrie orbitali d'acquisizione (Progetto TerraFirma)

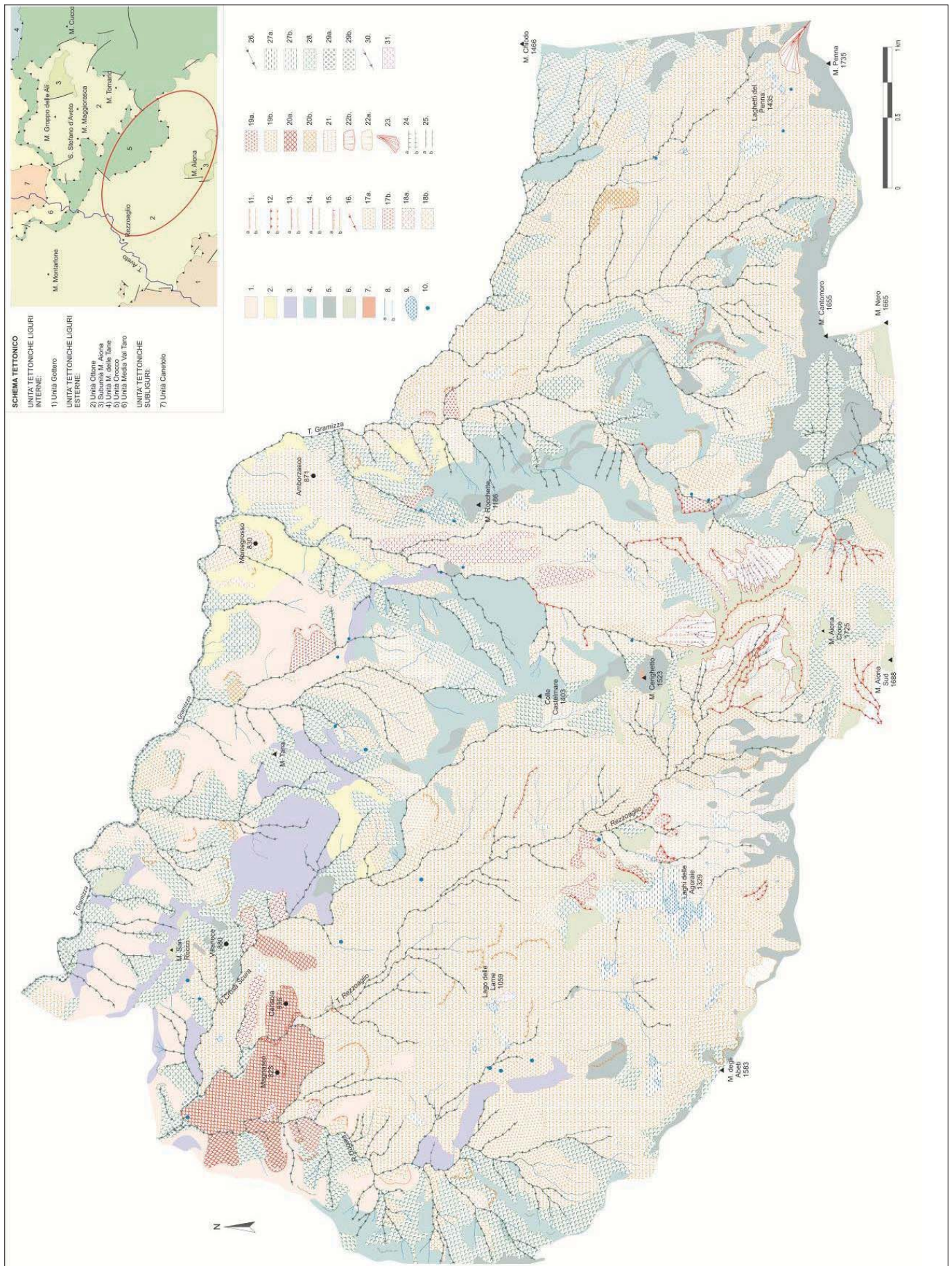


Figura 7 – Schema geomorfologico. Legenda: 1. Calcari marnosi, marne argillose e marne; 2. Argilliti e argilliti siltose con arenarie; 3. Argilliti con intercalazioni calcaree; 4. Complessi rocciosi eterogenei, caotici, costituiti da arenarie ofiolitiche, breccie mono e poligeniche a matrice argillitica, breccie poligeniche a matrice arenitica, olistoliti di ultramafiti; 5. Olistoliti di basalto e breccie basaltiche; 6. Olistoliti di serpentiniti e ultramafiti; 7. Olistoliti di graniti; 8. Principali corsi d'acqua perenni (a) o stagionali e/o temporanei (b); 9. Zona umida o palustre; 10. Principali sorgenti; 11. Orlo di scarpata di degradazione e/o frana attivo (a) o inattivo (b); 12. Orlo di scarpata di frana per crollo attivo (a) o inattivo (b); 13. Orlo di scarpata di frana per colata attivo (a) o inattivo (b); 14. Orlo di scarpata di frana per scivolamento attivo (a) o inattivo (b); 15. Orlo di scarpata di frana complessa attivo (a) o inattivo (b); 16. Canalone in roccia con scariche di detrito, attivo; 17. Frana per crollo attiva (a) o inattiva (b); 18. Frana per colata attiva (a) o inattiva (b); 19. Frana per scivolamento attiva (a) o inattiva (b); 20. Frana complessa attiva (a) o inattiva (b); 21. Paleofrana/frana antica e relitta; 22. Falda di detrito attiva (a) o inattiva (b); 23. Cono detritico, attivo; 24. Orlo di scarpata di erosione torrentizia attivo (a) o inattivo (b); 25. Orlo di scarpata di denudazione attivo (a) o inattivo (b); 26. Alveo in approfondimento; 27. Deposito lacustre attivo (a) o inattivo (b); 28. Deposito colluviale; 29. Deposito alluvionale attuale (a) o antico e/o terrazzato (b); 30. Canalone di valanga, attivo; 31. Block stream.

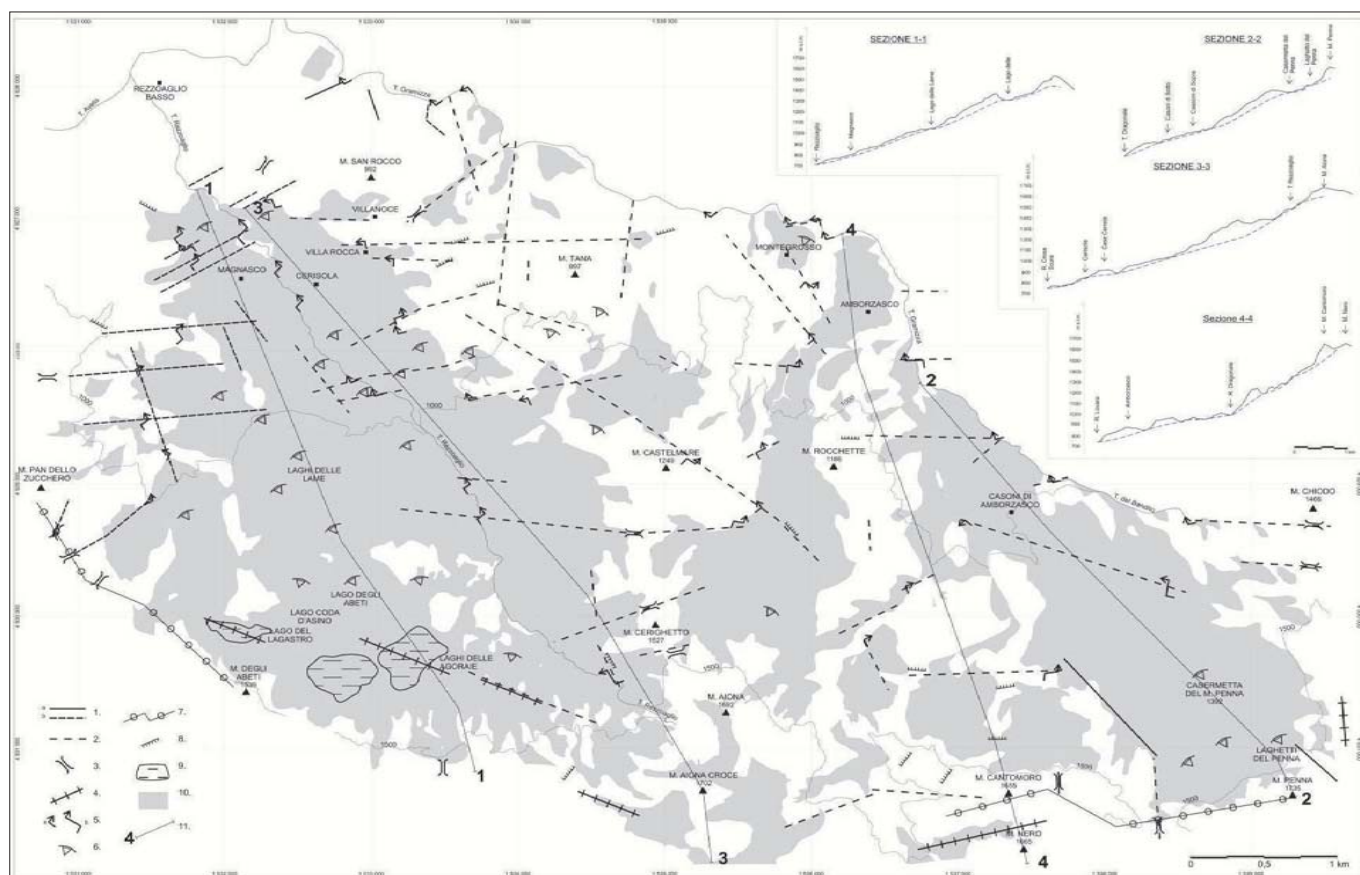


Figura 8 – Carta morfotettonica. Legenda: 1. Faglia certa (a) o presunta (b); 2. Frattura o altra lineazione tettonica; 3. Sella; 4. Trincea; 5. Gomito (a) e doppio gomito (b) fluviale; 6. Contropendenza; 7. Discontinuità di crinale; 8. Discontinuità altimetrica di crinale; 9. Depressione chiusa; 10. Corpi di frana; 11. Traccia di sezione.

Le velocità più elevate sono rilevate nelle porzioni degli abitati di Magnasco e Cerisola ubicate a valle della strada provinciale e in corrispondenza di Villa Rocca.

DISCUSSIONE

Tutte le informazioni raccolte e le conseguenti elaborazioni, interpretazioni e sintesi concordano con un'ipotesi di deformazione gravitativa profonda di versante alla base del modellamento geomorfologico del settore dell'alta Val d'Aveto in studio (Roccati, 2011).

Nel versante compreso tra il crinale tra i Monti degli Abeti e Penna ed il T. Gramizza sono stati individuati indizi morfo-neotettonici, come insellature sui crinali, spesso coincidenti con lineazioni e discontinuità altimetriche, mentre il reticolo idrografico è caratterizzato da gomiti fluviali e tratti lineari (Fig. 7). Il corso dei torrenti Gramizza e Rezzoaglio risulta, infatti, controllato da alcuni sistemi principali di lineazioni tettoniche, disposte NO-SE e NNE-SSO, oltre a dislocazioni secondarie orientate circa N-S.

Questi elementi, unitamente a ulteriori evidenze morfologiche quali trincee, sdoppiamenti di cresta, depressioni chiuse e contropendenze, che possono riattivare preesistenti discontinuità strutturali, consentono di individuare un tipico fenomeno profondo, ascrivibile alla tipologia *rock flows* o *Sackung* (Bisci *et al.*, 1996; Dikau, 1999).

In conseguenza del complesso assetto geologico e tettonico descritto, si è determinato un sistema di blocchi che, per effetto dei ribassamenti subiti, hanno condizionato l'intero pendio con un profilo a gradinata caratterizzato da spianate morfologiche, in debole contropendenza, e in corrispondenza delle quali si sono imposte aree umide e palustri (laghi delle Lamae, Agoraie, ecc.).

La sismica a rifrazione ha messo in evidenza spessori delle coperture detritiche ascrivibili al corpo di frana complesso dell'ordine di 100 m, incompatibili con un deposito morenico, oltre alla mancanza di evidenze morfologiche legate alla lunga permanenza di significativi spessori di ghiaccio.

Le deformazioni gravitative profonde di versante che hanno interessato ampi settori dell'alta Val d'Aveto e le frane, antiche e recenti, che ne sono derivate, sono conseguenza in primo luogo di fattori geologici, litologici e strutturali: nel corso del sollevamento generalizzato, che ha interessato l'Appennino Ligure dal Pio-Pleistocene, si è formato un sistema pervasivo di lineazioni tettoniche, sia sul margine continentale sia sul versante marittimo, responsabile di una serie di alti e bassi morfologici e dell'attuale assetto della linea di costa. Fra le lineazioni che assumono particolare significato in rapporto ai fenomeni morfotettonici (Fanucci *et al.*, 1980), si evidenziano quella del M. Aiona, con andamento NO-SE, che ha esercitato un

controllo sull'andamento del T. Rezzoaglio e di cui sono evidenze morfologiche insellature e spianate lungo i crinali; la linea di Pian delle Moglie, orientata anch'essa NO-SE, lungo il versante meridionale del M. Aiona, e quella di S. Stefano d'Aveto, con andamento NNE-SSO, testimoniata dalla evidente sella morfologica a monte dell'abitato di Villa Noce.

In un simile contesto morfo-strutturale si sono sviluppati, favoriti dall'energia del rilievo e dalle differenti condizioni climatiche presenti al passaggio tra Pleistocene e Olocene, intensi processi esogeni legati all'alterazione dei diversi litotipi presenti, all'azione delle acque correnti, della gravità e dei processi crionivali che hanno contribuito a determinare disequilibri sui versanti.

Come nel caso dell'Alta Val d'Aveto, si sono verificati fenomeni gravitativi profondi (Brandolini *et al.*, 2008), talora di notevoli dimensioni, che hanno interessato l'intero sistema crinale-versante-fondovalle, più volte riattivati nel corso dell'evoluzione dei sistemi vallivi anche in presenza di condizioni climatiche diverse da quelle in cui si sono originate. Ad alterare le condizioni di stabilità dei versanti hanno contribuito anche le sollecitazioni sismiche, oggi con intensità relativamente più bassa rispetto al periodo Plio-pleistocenico.

Le condizioni climatiche assumono un ruolo fondamentale nell'attivazione dei fenomeni di instabilità e dei dissesti idrogeologici, con particolare riferimento ai processi legati all'azione

erosiva esercitata dalle acque superficiali, anche in conseguenza della disponibilità della risorsa idrica nel territorio. In ragione della stratigrafia dell'area, determinata per via indiretta, l'azione erosiva dei corsi d'acqua sulle coperture, unitamente alla falda permanente che presenta soggiacenza spesso inferiore a 5 m, determina l'attività dei corpi di frana identificati in corrispondenza dei centri abitati, con velocità dei movimenti significativi, ancorché classificabili in molto lenti (Cruden e Varnes, 1996)

CONCLUSIONI

Negli ultimi venti anni lo studio delle DGPV è cresciuto notevolmente a livello scientifico e questi fenomeni sono stati identificati in differenti contesti geografici e ambientali (Crescenti *et al.*, 1994; Dramis e Sorriso Valvo, 1994; Dramis *et al.*, 1995).

La ricaduta e l'importanza del loro riconoscimento è evidente in tema di pianificazione territoriale e in relazione allo stato di attività dei corpi franosi associati che possono determinare rischio idrogeologico.

La dettagliata conoscenza di questi movimenti profondi è importante anche in termini di risorsa idrica, in quanto rappresentano un enorme serbatoio con meccanismi di ricarica differenti, non solo per infiltrazione diretta da piogge efficaci e dallo scioglimento del manto nevoso al suolo, ma anche dai fenomeni di condensazione in quota delle masse d'aria umide, soprattutto nei mesi estivi, favoriti dalle caratteristiche geografico-fisiche del territorio.

In un simile contesto, risulta di fondamentale importanza inquadrare in un contesto geomorfologico più ampio, alla scala dell'intero versante, le frane superficiali che si manifestano con differenti cinematismi e dinamiche e che rappresentano solo l'aspetto morfologico più rilevante della manifestazione delle DGPV.

In Liguria questi movimenti sembrano dominare l'ambito di versante sia alpino, sia appenninico, a causa delle condizioni geologiche regionali e locali; in un quadro geomorfologico complesso come quello che caratterizza l'alta Val d'Aveto, l'accostamento di litologie a comportamento mecano-geologico e idrogeologico molto differente, anche nell'ambito della stessa unità formazionale e l'attività neotettonica, che ha comportato il sollevamento differenziato di intere porzioni di territorio, hanno determinato condizioni di equilibrio limite sui versanti. Su questi hanno successivamente agito i fattori esogeni legati alla gravità, alle acque correnti e ai processi crionivali, favoriti dalla continua alternanza di fasi climatiche glaciali e interglaciali del Quaternario.

Queste ultime, mettendo a disposizione grandi volumi di acqua e apporti detritici consistenti, in conseguenza delle continue variazioni del livello di base, hanno regolato tutti i processi denudazionali, favorendo fenomeni

gravitativi profondi, più volte riattivati con il procedere dell'evoluzione dei sistemi vallivi e delle condizioni climatiche.

La scala di osservazione di queste DGPV è tale da comportare difficoltà sia in fase di studio sia di verifica dell'efficacia degli interventi strutturali finalizzati alla mitigazione del rischio idrogeologico. Si ritiene indispensabile, quindi, poter disporre di tecniche di monitoraggio differenziate, con approccio multi-scalare, in modo da poter consentire un controllo dei dati ottenuti con le diverse metodologie: dalle tradizionali tecniche di indagine diretta, capaci di raggiungere profondità maggiori ed estese in relazione alle dimensioni dei fenomeni indagati, a metodi sperimentali di controllo *remote sensing* (Saroli *et al.*, 2005), come nel caso della tecnica interferometrica satellitare dei *Permanent Scatterers*.

BIBLIOGRAFIA

- ALMAGIÀ R. (1907) - *Studi geografici sulle frane in Italia. Volume I: Appennino Settentrionale e il Preappennino Tosco-Romagnolo*. Memorie della Società Geografica Italiana, 13, 185-186.
- BISCI C., DRAMIS F., SORRISO-VALVO M. (1996) - *Rock Flow (Sackung)*. In: "Landslide recognition - Identification, movement and causes" (Dikau R., Brunsten D., Schrott L., Ibsen Eds.), Wiley, Chichester, 149-188.
- BRANCH N.P. (2004) - *Late Wurm lateglacial and Holocene environmental history of the Ligurian Apennines, Italy*. In: BALZARETTI, R., PEARCE, M. AND WATKINS, C. (eds.), *Ligurian Landscapes, Studies in Archaeology, Geography and History*, 7-69, Accordia, London.
- BRANDOLINI P., FACCINI F., ROBBIANO A., TERRANOVA R. (2008) - *Relationship between flood hazards and geomorphology applied to land planning in the upper Aveto Valley (Liguria, Italy)*. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 31, 73-82.
- CASNEDI R., GALBIATI B., VERNIA L., ZANZUCCHI G. (1993) - *Note descrittive della carta geologica delle ofioliti del Gruppo di M. Penna e di M. Aiona (Appennino Ligure-Emiliano)*. Atti Ticinensi di Scienze della Terra, vol. 36, 231-268.
- CRESCENTI U., DRAMIS F., PRESTININZI A., SORRISO-VALVO M. (1994) - *Deep-seated gravitational slope deformations and large-scale landslides in Italy. Special Volume for the International Congress IAEG, Lisboa (sept. 1994)*, Dipartimento di Scienze, Storia dell'Architettura e Restauro, Pescara, Italia, 70.
- CRUDEN D.M., VARNES D.J. (1996) - *Landslides Types and Processes*. In: Turner A.K. & Schuster R.L. (Eds.) *Landslides: Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board Special Report 247. National Academy Press, WA, 36-75.
- DE STEFANI C. (1878) - *Gli antichi ghiacciai dell'Alpe di Corfino ed altri dell'Appennino Settentrionale e delle Alpi Apuane*. Boll. R. Comit. Geol. It., 5, 86-94.
- DIKAU R. (1999) - *The recognition of landslides*. In: Casale, R. & C. Margottini (Hrsg.): *Floods and Landslides: Integrated Risk Assessment*, 39-44, Amsterdam.
- DRAMIS F., MAIFREDI P., SORRISO-VALVO M. (1995) - *Deformazioni gravitative profonde di versante: aspetti geomorfologici e loro distribuzione in Italia*. *Geol. Appl. Idrogeol.*, 20, 377-390.
- DRAMIS F., SORRISO-VALVO M. (1994) - *Deep-seated gravitational slope deformations, related landslides and tectonics*. *Engineering Geology*, 38, 231-243.
- ELTER P., MARRONI M., MOLLI, G., PANDOLFI L. (1991) - *Le caratteristiche stratigrafiche del complesso di M. Penna-Casanova (Alta Val Trebbia, Appennino settentrionale)*. Atti Ticinensi di Scienze della Terra, 34, 97-106.
- FACCINI F., PICCAZZO M., ROCCATI A. (2009) - *Pericolosità geomorfologica, clima ed escursionismo: il caso del Monte Aiona (Parco Naturale dell'Aveto, Liguria)*. In: "Il patrimonio geomorfologico come risorsa per un turismo sostenibile" (a cura di P. Coratza, M. Panizza), SAO Società Archeologica s.r.l., 67-84.
- FANUCCI F., PINTUS S., TEDESCHI D., VIGNOLO A. (1980) - *Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 83-94 Rapallo - Chiavari*. Estratto da: Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, 356, 1308-1311.
- FEDERICI P.R., CAPITANI M., CHELLI A., DEL SEPPIA N., SERANI A. (2004) - *Atlante dei centri instabili della Liguria. Vol. II, Provincia di Genova*. Programma speciale SCAI del CNR.GNDI Regione Liguria, 104-107
- ISSEL A. (1892) - *Liguria geologica e preistorica*. Genova, vol. 1., 118.
- LOSACCO U. (1940) - *Appunti sulla morfologia glaciale dell'Appennino Settentrionale*. Bollettino della Società Geografica Italiana, 5, 86-107.
- LOSACCO, U. (1949) - *La glaciazione quaternaria nell'Appennino Settentrionale*. *Rivista Geografica Italiana*, 56, 196-272.
- LOSACCO U. (1982) - *Gli antichi ghiacciai dell'Appennino Settentrionale. Studio morfologico e paleogeografico*. Atti Soc. Nat. Mat. Modena, 113, 1-224.
- MARINI M., TERRANOVA R. (1980) - *I complessi ofiolitiferi di M. Aiona e Penna e loro rapporti con le serie sedimentarie (Appennino Ligure-Emiliano)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 99, 183-203.
- NAKAMURA Y. (1989) - *A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface*. Quarterly Report of Railway Technical Research Institute (RTRI), Vol. 30, No.1.
- REGIONE LIGURIA (2005) - *Carta geologica "Borzona-sca"*, Tavoleta 215-3 e S. Stefano d'Aveto", Tavoleta 215-4, scala 1:25.000, S.E.L.C.A., Firenze.
- ROCCATI A. (2011) - *Assetto geomorfologico e fenomeni di instabilità del versante compreso tra i Monti Penna, Aiona, degli Abeti ed il torrente Gramizza (alta val d'Aveto, Appennino ligure)*. Ph-d Thesis, University of Genoa.
- ROVERETO G. (1904) - *Geomorfologia delle Valli Liguri*. Atti R. Univ. Genova, 18, 1-226.
- SACCO F. (1893) - *Lo sviluppo glaciale nell'Appennino Settentrionale*. Bollettino del Club Alpino Italiano, 69, XXVII, 263-282.
- SACCO F. (1937) - *Il glacialismo nel gruppo del M. Aiona (Appennino Ligure)*. Atti R. Accademia, 73, 110-117.
- SAROLI M., STRAMONDO S., MORO M., DOUMAZ F. (2005) - *Movements detection of deep seated gravitational slope deformations by means of InSAR data and photogeological interpretation: northern Sicily case study*. *Terra Nova*, 17 (1), 35-43.
- TERRANOVA R. (1987) - *Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia, Sestri Levante 22-25 giugno 1987, Guida alle escursioni*. Quaderni dell'Istituto di Geologia della Università di Genova, 5, 117-231.
- TERRANOVA R., ZANZUCCHI G. (1981) - *Relationship between ophiolites and flysch sequence in the Mt. Penna - Mt. Ragola area (Ligurian - Emilian Apennines)*. *Ophioliti*, 6, 287-292.

Valutazione della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero carsico nel Bric Tampa (Alpi Liguri): risultati preliminari¹

FRANCESCO FACCINI
Università degli Studi di Genova, Di.S.T.A.V.,
e-mail: faccini@unige.it

LUIGI PERASSO
Delegazione Speleologica Ligure
e-mail: gigi.per@libero.it

IVANO RELLINI
Università degli Studi di Genova, Di.S.T.A.V.,
e-mail: rellini.ivano@dipartimento.unige.it

CLAUDIA SCOPESI
Università degli Studi di Genova, Di.S.T.A.V.,
e-mail: claudia.scopesi@unige.it

ALESSANDRO SACCHINI
consulente geologo (Ph.D.)
e-mail: asacchini@virgilio.it

PREMESSA

Gli acquiferi carsici costituiscono una importante risorsa idrica, che in questi ultimi anni sta assumendo valenza strategica (IUCN, 1997); nel 1975, secondo dati FAO e UNESCO, il 30% dell'acqua potabile disponibile su scala mondiale proveniva da massicci carbonatici; nel 2025 si stima che questo fabbisogno avrà raggiunto l'80% (AA.VV., 2007).

L'acqua nelle aree carsiche, anche in funzione degli apporti meteorici, costituisce una risorsa fondamentale per l'approvvigionamento di molte città, soprattutto da quando le falde nei depositi alluvionali sono sempre più soggette a fenomeni d'inquinamento: in Italia sono note le sorgenti ipogee del Timavo a Trieste, dell'Acqua Marcia a Roma, del Peschiera a L'Aquila.

Anche in Liguria si verifica una situazione analoga: le falde multistrato più significative in termini idrogeologici sono anche quelle più soggette a inquinamento, poiché su di esse insiste la copertura urbana e le connesse attività antropiche, come nel caso delle pianure alluvionali della Spezia, Chiavari e Lavagna, Genova, Savona, Albenga e Ventimiglia. Sono note le sorgenti carsiche captate che alimentano acquedotti locali, come per i comuni di Campomorone, Giustenice, Maissana, Ne, Noli, Rezzo e Varese Ligure, che sfruttano alcuni acquiferi dei massicci carbonatici liguri.

A causa del grado di permeabilità e delle caratteristiche geologiche dei complessi calcarei, gli acquiferi carsici sono in genere ritenuti vulnerabili nei confronti di potenziali fonti di inquinamento. Nell'ambito della valutazione della vulnerabilità degli acquiferi, l'analisi delle problematiche relative alle aree carsiche è stata poco sviluppata a causa della complessità che questo sistema idrogeologico

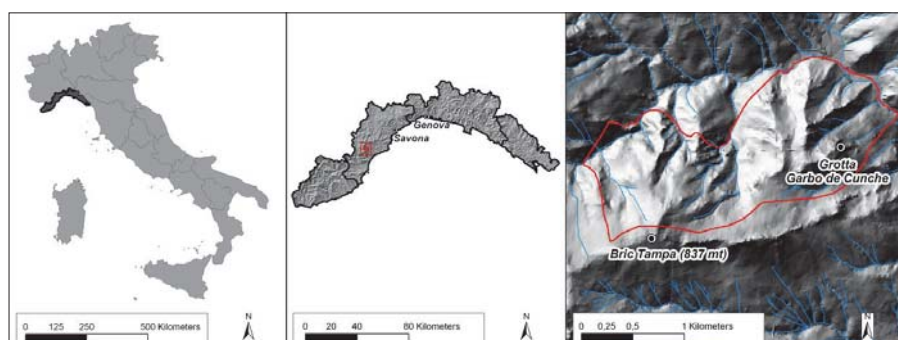


Figura 1 – Inquadramento geografico dell'area studiata: a destra il modello tridimensionale digitale elaborato sulla base della Carta Tecnica Regionale numerica alla scala 1:5000

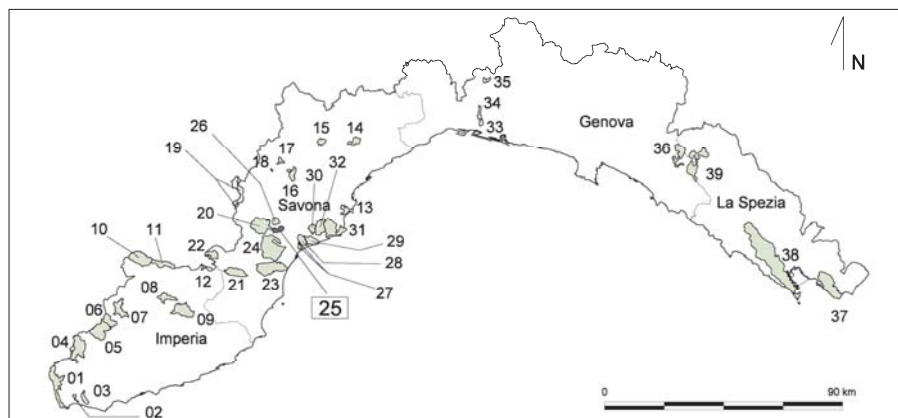


Figura 2 – Le aree carsiche della Liguria come perimetrata dalla L.R. n. 14/1990 con evidenziato il Bric Tampa. Legenda: 1 - Monte Grammondo, 2 - Magliocca, 3 - Roverino, 4 - Barbaira, 5 - Toraggio, 6 - Pietravecchia, 7 - Alta Valle Argentina, 8 - Prearba, 9 - Guardiabella, 10 - Piancavallo, 11 - Monte dei Cancelli, 12 - Pennavaira, 13 - Bergeggi, 14 - Stella Corona, 15 - Adelasia, 16 - Pallare, 17 - Bric Tana, 18 - Valle dei Tre Re, 19 - Giovetti, 20 - Bardineto, 21 - Montenero, 22 - Ravinazzo, 23 - Monte Acuto/Picaro, 24 - Monte Carmo di Loano, 25 - Bric Tampa, 26 - Magliolo, 27 - Rocca delle Fene, 28 - Monte Grosso, 29 - Boggio/Caprazoppa, 30 - Carpanea/Rocca di Perti, 31 - Manie/Capo Noli, 32 - S. Bernardino/Orco, 33 - Monte Gazzo, 34 - Alta Val Chiaravagna, 35 - Isoverde, 36 - Alta Val Graveglia; 37 - Montemarcello, 38 - Lama della Spezia, 39 - Monte Verruga

presenta: all'intera area veniva semplicemente assegnato il massimo grado di vulnerabilità, senza ulteriori approfondimenti.

Soltanto negli ultimi anni l'attenzione su questi complessi idrogeologici è aumentata, poiché da un lato è emersa l'opportunità di sviluppare ricerche sulle risorse idriche, dall'altro si è evidenziata la necessità di salvaguardare l'ecosistema di questi acquiferi (CIVITA *et al.*, 1992; FORTI *et al.*, 2000; ZINI *et al.*, 2006).

L'obiettivo di questo lavoro è la valutazione della vulnerabilità intrinseca dell'ac-

quifero carsico del Bric Tampa (Alpi Liguri); si tratta della prima ricerca di questo tipo in Liguria, applicata a un territorio di elevato pregio paesaggistico e ambientale (Fig. 1).

La stima del grado di vulnerabilità è stata ottenuta applicando il sistema parametrico SINTACS proposto nell'ambito degli studi sugli acquiferi a scala nazionale (CIVITA, DE MAIO, 1997; 2000) e più recentemente adattato ad alcuni casi del carso classico (CUCCHI *et al.*, 2000; 2002; 2008). L'applicazione del sistema SINTACS in Liguria può consentire il confronto con altri casi nazionali, fornendo

¹ Lavoro svolto con i fondi del Progetto di Ricerca d'Ateneo 2010, Università degli Studi di Genova (responsabile scientifico: F. Faccini). Hanno collaborato alla ricerca C. Cavallo e F. Poggi (Regione Liguria).

l'opportuna taratura del modello e la proposta sperimentale di modifiche e integrazioni.

Per disporre dell'indispensabile confronto con il risultato ottenuto è stato identificato il tipo di acquifero carsico attraverso l'installazione di una sonda multi-parametrica per il monitoraggio in continuo nella sorgente della Grotta Garbo delle Conche (93 Li nel catasto speleologico ligure), ubicata nel settore orientale del Bric Tampa. I dati rilevati nella sorgente sono stati confrontati con i parametri climatici esterni, utilizzando le informazioni registrate in alcune stazioni afferenti alla rete ARPA Liguria.

CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DEL BRIC TAMPA

Il Bric Tampa è una delle 39 aree carsiche della Liguria individuate con la Legge Regionale n° 14/1990 (Fig. 2): presenta una superficie di 3 km² e quasi 6 km di sviluppo ipogeo rilevato, di cui quasi 5 km appartengono alla Grotta degli Scogli Neri (435 Li) e poco meno di 1 km alla Grotta del Garbo delle Conche (FACCINI *et al.*, 2011).

L'area carsica del Bric Tampa fa parte di un più vasto affioramento di rocce carbonatiche che interessano gran parte del massiccio del Monte Carmo di Loano. Il Bric Tampa è ubicato a pochi chilometri dal mare nella Riviera di Ponente, alle spalle dei centri di Loano e Pietra Ligure, in provincia di Savona presenta altezza di circa 800 m s.l.m. e una morfologia asimmetrica, raccordandosi a SO con la più pronunciata catena del Bric Aguzzo, mentre a NE i versanti presentano elevata acclività in direzione della Val Maremola.

Le sorgenti più basse di tutto il sistema emergono nell'alveo del T. Maremola a circa 160 m s.l.m. con un potenziale carsificabile di circa 640 m (CAVALLO, PONS, 1999).

Il Bric Tampa rappresenta uno degli elementi tettonici appartenenti all'Unità di M. Carmo (Fig. 3), nel settore centro-orientale del Brianzese ligure (VANOSI, 1980), caratterizzata da un basamento paleozoico di metavulcaniti acide permiane (Porfiroidi del Melogno) e da una successione mesozoica costituita da quarziti bianche stratificate del Trias inferiore (Quarziti di Ponte di Nava), una potente sequenza calcareo-dolomitica di età anisico-ladinica (Dolomie di San Pietro dei Monti) e calcari marmorei attribuiti al Malm (Calcari di Val Tanarello).

Tale successione è esposta in cinque grandi affioramenti, che individuano altrettanti elementi tettonici nell'Unità di Monte Carmo: l'E. del Bric Agnellino, l'E. del Monte Pianosa, la Lama di San Michele, l'E. del Monte Ravinet e l'E. del Bric Tampa (MENARDI NOGUERA, 1981). Quest'ultimo emerge in finestra tettonica da sotto ai porfiroidi dell'Unità di Mallare e confina ad O con l'E. del Bric Agnellino.

Il motivo strutturale dell'E. del Bric Tampa può essere descritto come una cupola comples-

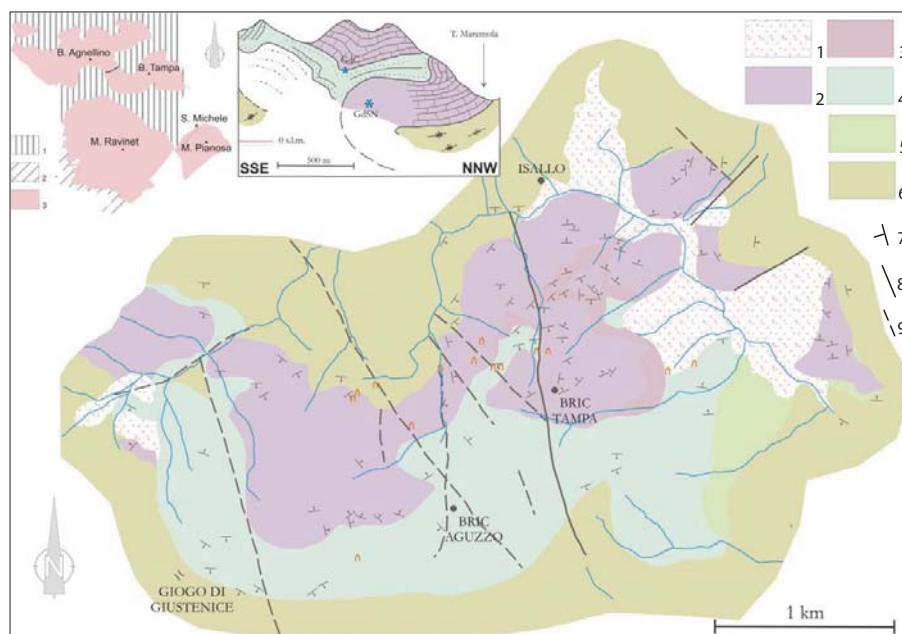


Figura 3 – Schema geologico del Bric Tampa (modificato da Menardi Noguera, 1984). Legenda: 1. coperture detritiche e depositi alluvionali; 2. Dolomie di San Pietro dei Monti (Trias medio); 3. Dolomie di San Pietro dei Monti (Anisico); 4. Quarziti di Ponte di Nava; 5. Verrucano Brianzese; 6. Porfiroidi del Melogno e Scisti di Gorra; 7. giacitura di strato; 8. faglia; 9. lineazione tettonica; 10. Cavità naturale. In alto a sinistra, schema delle unità tettoniche nell'area studiata, modificato da Menardi Noguera, 1994 (1. U. di Mallare; 2. U. di Castelvecchio-Cerisola; 3. U. di M. Carmo) e profilo geologico, modificato da Menardi Noguera 1981 (GdC: Grotta Garbo delle Conche; GdSN: Grotta degli Scogli Neri, posizione proiettata)

sa generatasi dall'interferenza di una grande piega antiforme coricata rovesciata verso N e una serie di pieghe trasversali a piano assiale verticale e ampio raggio di curvatura, fra cui domina una grande antiforme con piano assiale immergente a E-NE (Menardi Noguera, 1984). Tutta la struttura è attraversata da un reticolo di lineazioni tettoniche fra cui spicca la faglia del Bric Tampa, a direzione N-S, con labbro orientale ribassato e rigetto verticale di circa 150 m. Questa lineazione, e in generale l'assetto strutturale, risultano fondamentali per l'evoluzione geomorfologica generale del massiccio del Bric Tampa, e del modellamento carsico in particolare.

Il Massiccio del Bric Tampa presenta forme, processi e depositi legati all'azione delle acque correnti e alla gravità; forme carsiche sono visibili esclusivamente in ambiente ipogeo. Il reticolo idrografico, di basso ordine gerarchico, si presenta in approfondimento a causa del tasso di sollevamento della catena alpina ligure.

Lungo i versanti si osservano limitati depositi colluviali per il dilavamento dovuto alla elevata acclività, mentre più diffusi sono depositi detritici legati al crollo di elementi lapidei.

Sul versante orientale del Bric Tampa si osserva una grande frana, delineata dalla scarpata attiva, costituita da blocchi di dolomie e quarziti frammisti a detrito meno grossolano, spesso mascherati dalla vegetazione.

L'evoluzione del movimento di massa ha causato lo sbarramento, almeno parziale, del T. Maremola: è possibile che l'elevata permeabilità del corpo di frana abbia in qualche modo garantito il deflusso delle acque pro-

vocando il sovralluvionamento della zona a monte. In regime ordinario il T. Maremola si perde, infatti, a monte della frana e ricompare dopo almeno 1,5 km nel punto in cui terminano le alluvioni grossolane miste a detrito ed il torrente attraversa una forra incisa nelle quarziti.

La frana viene anche attraversata dalle acque della sorgente Garbo delle Conche per la parte non captata; il deflusso sotterraneo alimenta alcune sorgenti alla base della frana in sponda destra del T. Maremola. Sulla frana del Bric Tampa sono presenti depositi di breccie calcareo-dolomitiche che testimoniano l'evoluzione morfoclimatica quaternaria della Val Maremola.

Alcuni indizi morfoneotettonici (trincee, sdoppiamenti di cresta, corsi d'acqua rettilinei, insellature, gomiti e doppi gomiti fluviali, depressioni chiuse) suggeriscono all'origine di questa frana una deformazione gravitativa profonda di versante che coinvolge l'intero pendio tra il Bric Tampa e il T. Maremola. Alla base di questo fenomeno si possono descrivere le caratteristiche litologiche (contrasto rigido-plastico degli ammassi rocciosi) e l'attività neotettonica dell'area,

La struttura geologica del Bric Tampa condiziona anche l'idrogeologia carsica e i suoi limiti. Infatti, la presenza di due ammassi carbonatici separati da una fascia di rocce impermeabili e dislocate dalla faglia del Bric Tampa, determina due sistemi quasi sovrapposti, ma poco comunicanti fra loro: a E il sistema del Garbo delle Conche che si sviluppa interamente nel blocco superiore, a O il sistema degli Scogli Neri che si articola nel blocco inferiore (Fig. 4). Entrambi i sistemi so-

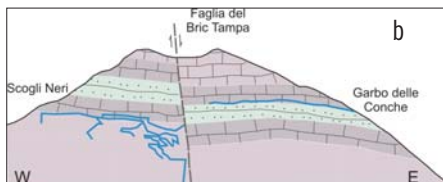
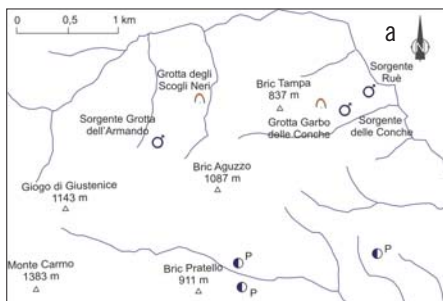


Figura 4 – Carta delle sorgenti e dei pozzi (P) dell’area del Bric Tampa e sezione idrogeologica illustrativa dei complessi del Garbo delle Conche (E) e degli Scogli Neri (E).

un percorso non rilevato di almeno 1 km, alla sorgente Rué, nell’alveo del T. Maremola.

METODO SINTACS: GENERALITÀ E RISULTATI

Il SINTACS è un sistema a punteggi che prende in considerazione sette parametri per la valutazione della vulnerabilità intrinseca dell’acquifero: la Soggiacenza della falda, le caratteristiche dell’Infiltrazione efficace, l’azione autodepurante del Non saturo, la Tipologia di copertura, i caratteri idrogeologici dell’Acquifero, la Conducibilità idraulica dell’acquifero e del non saturo, le caratteristiche morfologiche della Superficie topografica.

A ciascun parametro è attribuito un punteggio da 1 a 10 secondo le caratteristiche litologiche, morfologiche, idrauliche, naturali dell’area e dei complessi rocciosi coinvolti.

La vulnerabilità intrinseca finale, indice SINTACS, è la somma dei punteggi dei sette parametri ed è ottenuto dalla sovrapposizione delle carte in cui ad ogni elemento areale è assegnato un punteggio da 1 a 10 moltiplicato per il peso assegnato a ogni parametro d’ingresso:

$$I_{SINTACS} = S_o, S_w + I_e + N_e + T_e + A_e + C_e + S_e$$

dove il pedice r sta per punteggio e w per peso associato ad ogni parametro (Fig. 5).

Il metodo SINTACS ha una struttura relativamente complessa, adatta ad essere trattata in ambiente GIS. I dati esistenti sulle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell’area sono stati raccolti e rielaborati su base cartografica in scala 1:5000 e successivamente trattati con ArcGis 9.3. Questa piattaforma GIS è ritenuta efficace per le operazioni di sovrapposizione ponderata di carte necessarie per ottenere la carta della vulnerabilità intrinseca. Nel caso in esame il GIS utilizzato ha elaborato una griglia elementare rappresentata da quadrati di 5 m di lato derivati dalla base vettoriale cartografica regionale. Di seguito vengono esposti i parametri oggetto di cartografia, desunti attraverso i dati geologici e idrogeologici disponibili. I limiti dell’area esaminata sono quelli perimetrati con la Legge Regionale n. 14/1990 (Fig. 6a, 6b):

- SOGGIACENZA: trattandosi di un sistema complesso di tipo carsico e in assenza di uno schema definito di circolazione idrica, la soggiacenza è stata valutata attraverso la profondità della falda sulla base dei pochi dati diretti ricavati da pozzi e sondaggi, attraverso informazioni

no poco conosciuti dal punto di vista idrogeologico: quello del Garbo delle Conche assorbe acqua probabilmente sottesa dal bacino del Rio della Chiesa (CALANDRI, 1990), ma non sono note cavità assorbenti nella zona a monte; il sistema degli Scogli Neri è ancora meno conosciuto, sia per quanto riguarda la zona di assorbimento sia per la circolazione idrica a valle del sifone terminale, dove le acque si infiltrano per riemergere probabilmente, dopo

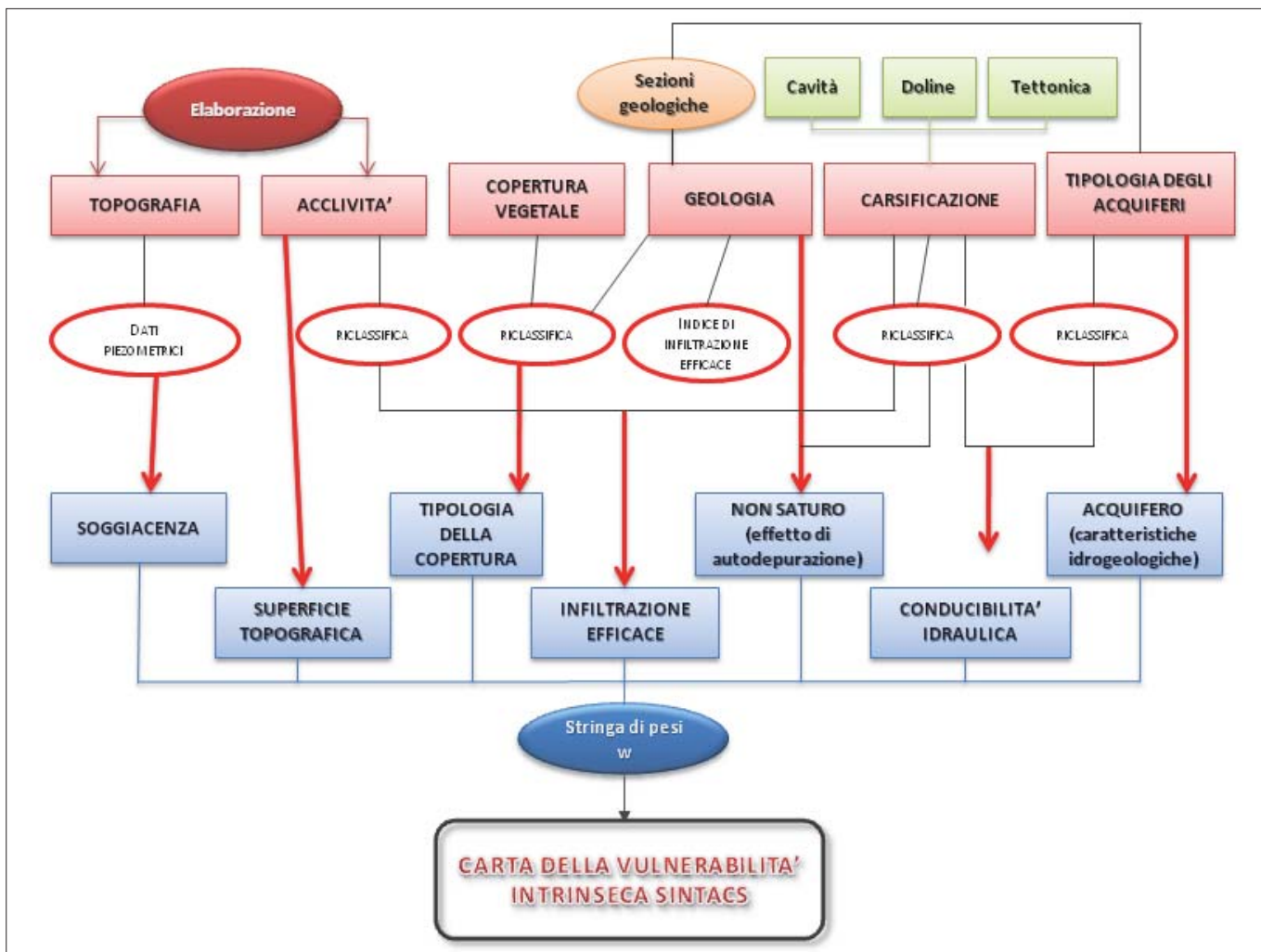


Figura 5 – schema di flusso del sistema parametrico SINTACS (modificato da Cucchi et al., 2000)

speleologiche sulle diverse sorgenti della zona, sovrapponendo lo sviluppo di cavità ipogee attive alla base cartografica. I dati sono stati quindi raccordati con le quote dei torrenti esterni, principali e minori. In generale la soggiacenza, per la morfologia complessiva del Bric Tampa, è superiore a 100 m (punteggio minimo, 2), solo in corrispondenza dei corsi d'acqua è inferiore a 25 m (punteggio massimo, 8).

- **INFILTRAZIONE Efficace:** le precipitazioni nette possono favorire il trascinarsi in profondità di potenziali inquinanti, prima nell'insaturo, poi nella zona di saturazione. L'infiltrazione efficace dipende dalla precipitazione e dalle condizioni idrogeologiche superficiali legate al coefficiente di infiltrazione potenziale, stimato in base alla litologia o alle caratteristiche del suolo: la carta è stata ottenuta dalla derivazione dello schema litologico, attribuendo agli ammassi rocciosi i relativi indici di infiltrazione e tenendo conto dei valori di precipitazione ed evapotraspirazione dell'area secondo il bilancio idrogeologico inverso. Si è ottenuta una infiltrazione efficace tra 400 e 550 mm/a, con punteggio variabile tra 6 e 10.
- **AUTODEPURAZIONE DEL NON SATURO:** è lo spazio tra la base del suolo e la superficie di falda (lo spessore dell'ammasso roccioso insaturo), che rappresenta la seconda barriera di protezione dell'acquifero. La carta tematica è stata ottenuta per derivazione dalla carta litologica e in particolare la permeabilità verticale e quindi il grado di fratturazione e di carsificazione, così come appaiono in superficie, ipotizzando che queste rimangano analoghe anche nel sottosuolo (prevalenti dolomie, punteggio pari a 7, e quarziti, punteggio pari a 1).
- **TIPOLOGIA DI COPERTURA:** il suolo contribuisce all'abbattimento dell'inquinante. Nonostante nell'area del Bric Tampa il substrato roccioso sia coperto da sottili spessori di suolo, in mancanza di una carta pedologica di dettaglio, si è ritenuto importante considerare l'azione di protezione e attenuazione dei differenti tipi di copertura vegetale. In corrispondenza delle aree con substrato affiorante il punteggio è stato assegnato pari a 10. Le aree prative e i coltivi offrono una discreta protezione (punteggio 6), mentre le zone boschive e arbustive si impostano su aree che presentano discrete caratteristiche tessiturali del suolo e quindi una significativa protezione (punteggio pari a 2).
- **LITOLOGIA DELL'ACQUIFERO:** descrive le caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero, ossia la possibilità di abbattimento e/o mitigazione di un potenziale inquinante, una volta arrivato alla zona satura. Nel caso sono state considerate le caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero e il suo grado di permeabilità relativa: porosità primaria per terreni, composizione mineralogica e grado di fratturazione per ammassi rocciosi. Anche in questo caso la carta tematica che descrive questo parametro è derivata da quella litologica interpolando alcune sezioni geologiche: depositi alluvionali a parte, cui compete il punteggio massimo (10), alle dolomie è stato assegnato un peso di 6, mentre alle quarziti e porfiroidi è stato assegnato un peso di 1.
- **CONDUCIBILITÀ IDRAULICA:** questo parametro rappresenta la velocità dell'acqua

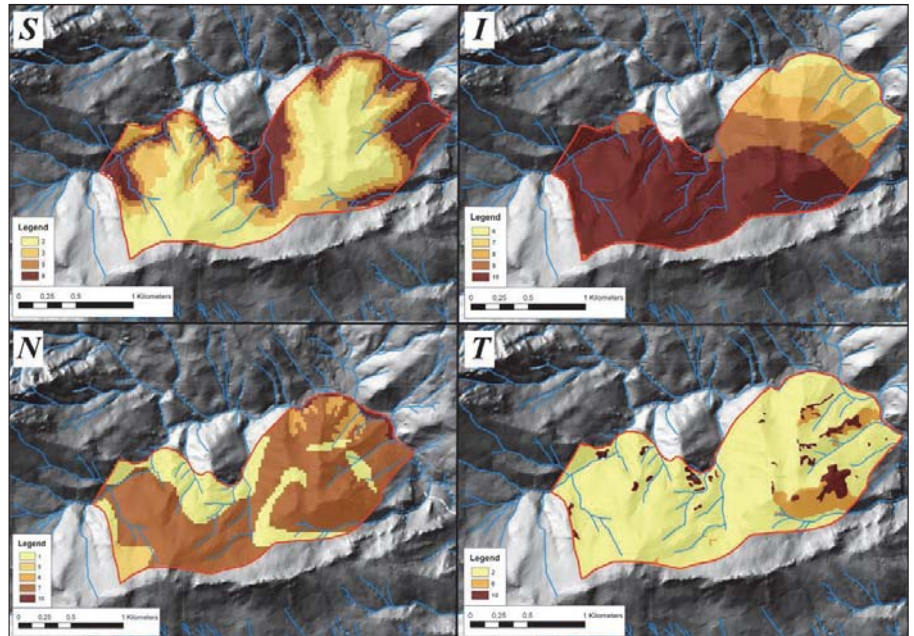


Figura 6a – valori dei parametri SINTACS delle carte di Soggiacenza (s), dell'Infiltrazione efficace (i), dell'autodepurazione del Non saturo (n), della Tipologia di copertura (t).

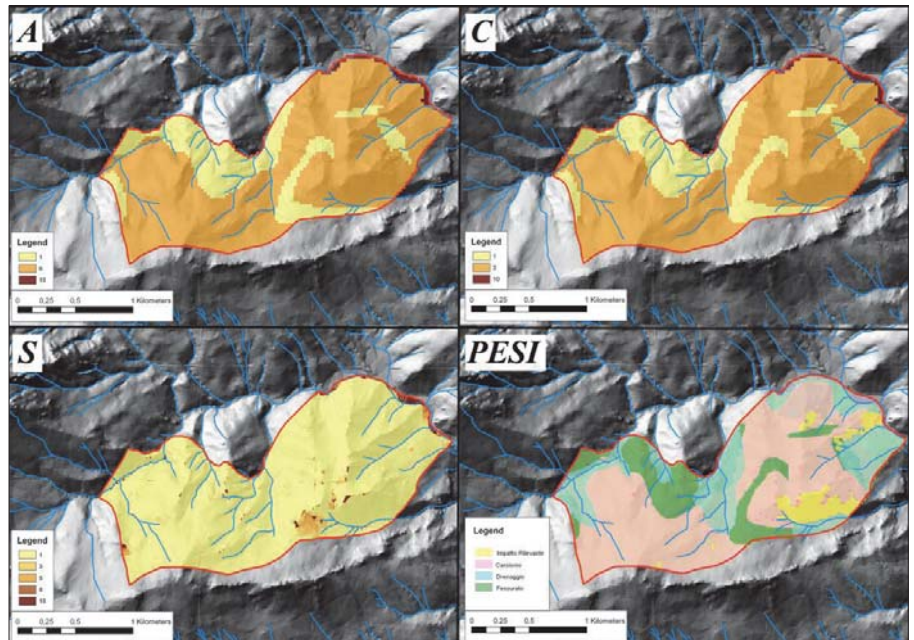


Figura 6b – valori dei parametri SINTACS delle carte della litologia dell'Acquifero (a), della Conducibilità idraulica (c), della cartella dell'acclività e della Superficie topografica (s), della linea dei pesi utilizzata (pesi)

nella zona satura dell'acquifero e fornisce indicazioni sul movimento con cui un potenziale inquinante può raggiungere un bersaglio. La conducibilità idraulica è stata stimata attraverso alcune correlazioni empiriche basate sulle caratteristiche delle discontinuità dell'ammasso confrontate con tabelle bibliografiche (Heath, 2004); agli ammassi dolomitici è associata una conducibilità idraulica di 1-10 m/d, alle quarziti di 10^{-2} - 10^{-3} m/d e ai porfiroidi di 10^{-4} - 10^{-5} m/d. Alle dolomie è stato assegnato un peso di 3, mentre alle litologie non carbonatiche un valore di 1.

- **SUPERFICIE TOPOGRAFICA:** questo parametro influenza fortemente la vulnerabilità in quanto a parità di precipitazione la

pendenza regola il rapporto tra ruscellamento e la velocità di dell'acqua al suolo. L'acclività è stata calcolata utilizzando un DEM realizzato con maglia 5x5 m dalla base vettoriale cartografica regionale citata. L'area del Bric Tampa mostra pendenze sempre superiori a 30%, cui compete il punteggio più basso, pari a 1.

- PESI: il sistema SINTACS prevede anche la definizione areale dei pesi al fine di esaltare alcuni parametri in ragione della situazione idrogeologica; tali fattori ponderatori (pesi) sono compresi tra 1 e 5 e possono cambiare, mantenendo costante a 26 la loro somma. Al fine di ottenere un'analisi più severa, finalizzata a verificare l'applicabilità del metodo in ambito ligure, sono state assegnate quattro linee di pesi (Longo *et al.*, 2000): per l'ammasso roccioso dolomitico è stata adottata la stringa carsismo, al substrato di quarziti e porfiroidi la stringa del sistema fessurato, per le coperture detritiche terrazzate è stato valutato un impatto rilevante e infine in corrispondenza dei corsi d'acqua e nell'immediato intorno, sono state simulate condizioni di drenaggio marcato.

VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ INTRINSECA

La carta della vulnerabilità intrinseca si ottiene sommando in ciascuna cella i punteggi attribuiti ai parametri, ciascuno moltiplicato per il coefficiente relativo alla linea di pesi prescelta. Al termine del calcolo si ottiene per ogni maglia un valore (indice di vulnerabilità SINTACS) che varia da 26 a 260. Questi valori sono normalizzati in modo da ottenere una scala da 1 a 100, di più facile lettura; per la rappresentazione cartografica i valori dell'indice SINTACS sono raggruppati in 6 classi corrispondenti a una valutazione qualitativa del grado di vulnerabilità: molto bassa, bassa, media, alta, elevata, molto elevata.

La Carta della vulnerabilità intrinseca dell'area carsica del Bric Tampa presenta i seguenti aspetti (Fig. 7):

- una vulnerabilità molto elevata solo per il 6 % del territorio, legata ai depositi alluvionali del T. Maremola a monte della stretta valliva sottostante la Grotta Garbo delle Conche e caratterizzati da aree pianeggianti con bassa soggiacenza della falda;
- elevata, sempre nel 6% del territorio, in alcune porzioni pianeggianti di fondovalle, escluse pertanto dall'acquifero carsico, e in zone sommitali a bassa acclività, senza correlazione apparente con forme carsiche superficiali;
- alta nel 21% del territorio e ascrivibile alla presenza di coltivi (cui è stato esaltato volutamente il peso per impatto rilevante)

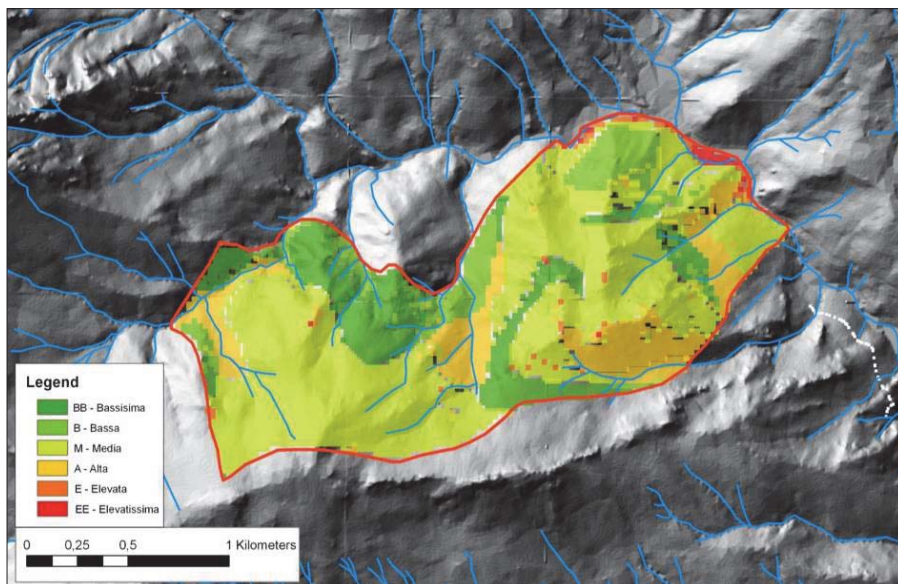


Figura 7 – carta della vulnerabilità intrinseca, preparata con arcGIS adottando il sistema parametrico SINTACS

- o per soggiacenza della falda inferiore a 100 m, soprattutto lungo i torrenti, a causa della temporanea vicinanza della tavola d'acqua alla superficie topografica;
- media nel 41% dell'area perimetrata corrispondente soprattutto all'ammasso roccioso dolomitico, nel quale la velocità dell'acqua è rallentata dalla tipologia del reticolo, mentre l'infiltrazione è sostanzialmente impedita dalle elevate pendenze del versante;
- bassa per il 14% corrispondenti alle aree di affioramento dei massicci non carbonatici;
- molto bassa per il 12% dell'area totale, sempre corrispondenti a litologie non carbonatiche su versante acclive e con soggiacenza superiore a 100 m.

MONITORAGGIO DELLA SORGENTE GARBO DELLE CONCHE

Come accennato in premessa, al fine di determinare la tipologia di reticolo carsico, è stata installata una sonda multi-parametrica (trasduttore con data-logger incorporato) per il monitoraggio in continuo nella sorgente carsica della Grotta *Garbo delle Conche*, in corrispondenza dell'opera di presa interna dell'acquedotto comunale di Giustenice (Fig. 8).

I dati rilevati nella sorgente sono stati confrontati con i parametri climatici esterni al sistema: nel caso sono stati utilizzati i dati registrati presso le stazioni Castellari, Passo del Melogno e Calice Ligure, afferenti alla rete ARPA Liguria.

I risultati del monitoraggio in continuo della portata, conducibilità e temperatura, in rapporto alle precipitazioni esterne, hanno consentito una prima definizione della tipologia del reticolo di deflusso sotterraneo (Vigna, 2007).

Il monitoraggio idrogeologico condotto nel periodo aprile 2011-febbraio 2012, non ha rilevato significative influenze tra precipitazioni esterne e altezza d'acqua nella sorgente

interna alla cavità: si è registrato un andamento più o meno costante di 100 l/s, fatta eccezione per un picco autunnale di circa 180 l/s. La conducibilità elettrica (in media pari a 220-230 micro S/cm) mostra in corrispondenza dell'evento di pioggia critico un incremento, in analogia con la variazione di temperatura (tra 10.1 e 10.5 °C), ascrivibile a un fenomeno di pistonaggio che ha rimobilizzato acque già presenti e stazionanti nel sistema ipogeo a seguito dell'eccezionale aumento del carico idraulico. Evento critico piovoso a parte, non si osservano variazioni significative dei parametri in relazione con le precipitazioni esterne, in coerenza con quanto già osservato in studi speleologici sull'area e probabilmente dovuto al controllo idrogeochimico della copertura detritica del settore tra la testata del Rio della Chiesa e il Bric Aguzzo (CALANDRI, 1990).

Il sistema idrogeologico risulta pertanto costituito da un complesso bacino sotterraneo, diffusamente carsificato nell'ammasso dolomitico e da alcune sorgenti carsiche legate all'infiltrazione efficace, che evidenziano la presenza nell'area di una significativa risorsa idrica sotterranea.

L'idrodinamica del sistema è prevalentemente improntata su una circolazione a dreni interdipendenti assimilabile al carso tipo 2, o *rather developed karst* (CUCCHI *et al.*, 2004): si nota presenza di numerose vie di drenaggio preferenziale, circolazione semi-dispersiva nella rete di condotti e fratture e l'esistenza di una zona satura con serbatoi semi-indipendenti.

CONCLUSIONI

Il risultato ottenuto applicando il sistema parametrico SINTACS con una linea di pesi particolarmente severa, soprattutto per l'impatto rilevante in corrispondenza dei terrazzamenti, mostra per l'ammasso dolomitico carsificato un grado di vulnerabilità

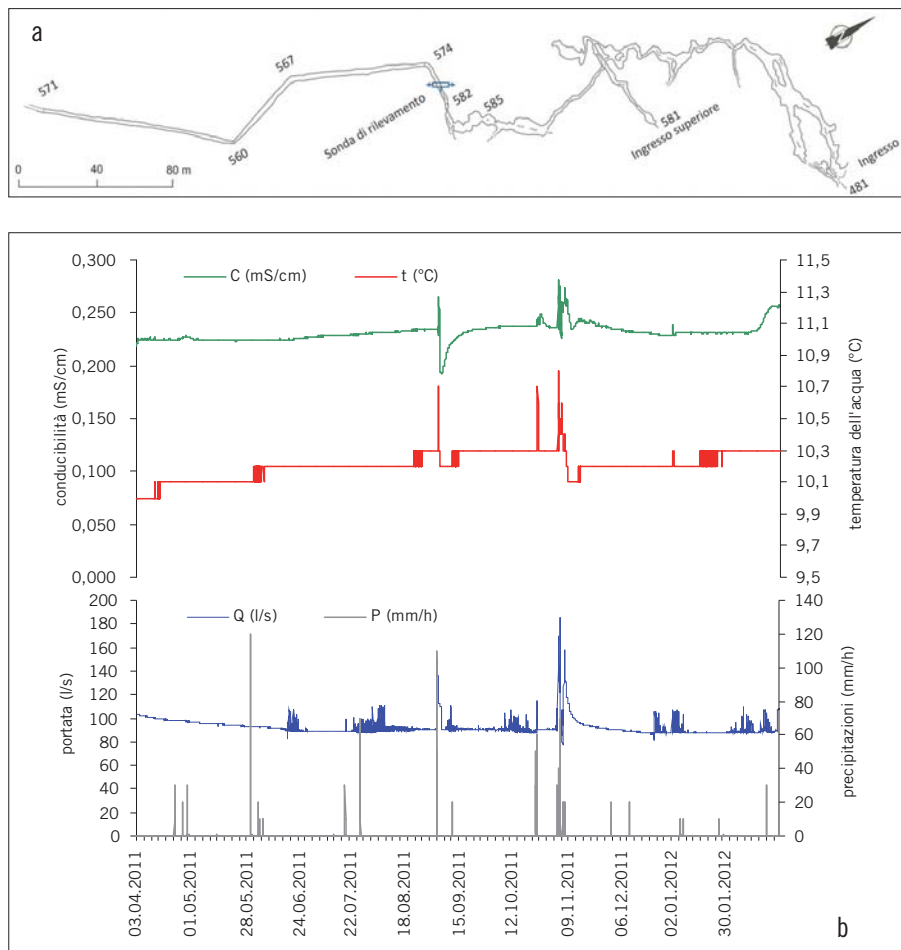


Figura 8 – Grotta Garbo delle Conche: ubicazione della sonda di rilevamento e monitoraggio idrogeologico nel periodo apr 2011/ feb 12 (C: conducibilità elettrica, t: temperatura dell'acqua, Q: portata misurata; P: precipitazioni esterne rilevate alla stazione di Castellari).

prevalentemente medio, in contrasto con il principio secondo il quale un acquifero carsico è automaticamente molto vulnerabile. Il monitoraggio idrogeologico nella Grotta Garbo delle Conche ha messo in evidenza un reticolo dispersivo e quindi una circolazione rallentata e meno sensibile a inquinamenti esterni, sostanzialmente coerente con quanto ricavato con l'applicazione del SINTACS.

I risultati preliminari ottenuti forniscono indicazioni generali sulla vulnerabilità di quest'area, dove esistono dettagliati studi di geologia stratigrafica e strutturale, ma sono ancora scarse le informazioni sulla dinamica geomorfologica e sui parametri idrogeologici dell'acquifero ipogeo.

Inoltre, non esistono studi pedologici, la cui mancanza è stata colmata con un rilevamento speditivo diretto che ha permesso di differenziare le zone con suoli sviluppati da quelle dove la roccia è affiorante o sono presenti spessori di copertura ridottissimi.

Nel complesso, il metodo SINTACS si è dimostrato applicabile a questa zona carsica; i grafici per la determinazione dei punteggi assegnati ai parametri dovranno essere rivisti, una volta ottenute informazioni più dettagliate su alcuni parametri, adottando i punteggi modificati secondo quanto suggerito con il sistema PRO-KARST (CUCCHI *et al.*, 2008).

La carta della vulnerabilità integrata può essere ottenuta sovrapponendo alla carta della vulnerabilità intrinseca le fonti di inquinamento o di attenuazione reali e potenziali; la metodologia proposta può risultare una possibilità operativa di gestione del territorio, come primo livello di studio per acquiferi carsici, nel piano di tutela delle acque previsto dal D. Lgs. 152/2006.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (2007) - *L'acqua nelle aree carsiche in Italia* (Cucchi F., Forti P. & Sauro U. eds.). Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, serie II, vol. XIX, Bologna.
- CALANDRI G. (1990) - *Note idrologiche sul Garbo de Conche 93 Li (Val Maremola, SV)*. Bollettino Bollettino Gruppo Speleologico Imperiese, 34, 11-16.
- CAVALLO C., PONS E. (1999) - *Ipotesi evolutiva della Grotta degli Scogli Neri (Bric Tampa, Alpi Liguri) sulla base della datazione di alcuni depositi calcitici*. Bollettino Gruppo Speleologico CAI Bolzaneto, 10, 22-26.
- CIVITA M., DE MAIO M. (1997) - *SINTACS: un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. Metodologia e automatizzazione*. Pitagora Editrice, Bologna.
- CIVITA M., DE MAIO M. (2000) - *Valutazione e cartografia automatica della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento col sistema parametrico SINTACS R5*. Pitagora Editore, Bologna.

CIVITA M., MANZONE L., OLIVERO G., VIGNA B. (1992) - *Approcci sinergici nelle ricerche sui sistemi idrogeologici carbonatici del Piemonte meridionale*. Atti del Convegno "Ricerca e protezione delle risorse idriche sotterranee delle aree montuose", Brescia, vol. 1, 53-86.

CUCCHI F., FORTI P., ZINI L. (2004) - *The vulnerability of complex karst hydrostructures: problems and perspectives*. Geofisica Internacional, vol. 43, 4, 1-8.

CUCCHI F., FRANCESCHINI G., ZINI L., AURIGHI M. (2008) - *Intrinsic vulnerability assessment of Sette Comuni Plateau aquifer (Veneto Region, Italy)*. Journal of Environmental Management, 88, 984-994.

CUCCHI F., MARINETTI E., MASSARI G., OBERTI S., PIANO C., ZINI L. (2002) - *La carta della vulnerabilità integrata delle sorgenti Fontanone di Paitone e Pedimonte di Botticino*. In: Dalle sorgenti ai pozzi & dai pozzi alle sorgenti, a cura di P. Forti e G. Marchesi, Quaderni di Sintesi - ASM, 58, 85-97, Brescia.

CUCCHI F., MARINETTI E., MASSARI G., ZINI L. (2000) - *Carta della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero carsico triestino e isontino*. Le Grotte d'Italia, s. V, 1 (2000), 21-31.

FACCINI F., PERASSO L., POGGI F., VERNASSA A. (2011) - *Le aree carsiche della Liguria: uno strumento per la tutela e la valorizzazione della geodiversità*. Engineering, Hydro, Environmental Geology, 14, 71-82.

FORTI P., CUCCHI F., PICCINI L., PICOTTI V., FUSTINI R., MARCHESI G., MARINETTI E., MASSARI G., OBERTI S., PASINETTI V., PIANO C., ZINI L. (2000) - *Carta della vulnerabilità integrata all'inquinamento degli acquiferi carsici della porzione meridionale delle Prealpi Bresciane 1:10.000*. DB Map, Firenze.

HEATH R.C. (2004) - *Basic ground-water hydrology*. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2220. 86 p.

IUCN WORLD COMMISSION FOR PROTECTED AREAS (1997) - *Guidelines for cave and karst protection*.

LONGO C.A., ANDREO B., CARRASCO F., CUCCHI F., VIAS J., JIMÉNEZ P. (2000) - *La vulnerabilità intrinseca all'inquinamento dell'acquifero carsico della Sierra de Libar (Cordigliera Betica - Spagna Meridionale)*. Quaderno del Museo Carsico Geologico e Paleontologico, 8, 3-46.

MENARDI NOGUERA A. (1981) - *Tettonica polifasata nel settore centro-orientale del Brianzese ligure*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 100, 527-540.

MENARDI NOGUERA A. (1984) - *Nuove osservazioni sulla struttura del massiccio del Monte Carmo (Alpi Liguri)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 103 (2), 189-203.

VANOSI M. (1980) - *Les unités géologiques des Alpes Maritimes entre l'Ellero et la Mer Ligure: un aperçu schématique*. Mem. Sc. Geol. Padova, 34, 101-142.

VIGNA B. con un contributo di CALANDRI G. (2001) - *Gli acquiferi carsici*. Quaderni didattici della Società Speleologica Italiana, vol. 12, Erga edizioni, Genova.

VIGNA B. (2007) - *Schematizzazione e funzionamento degli acquiferi in rocce carbonatiche*. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, serie Geologica e Geofisica, 19, 21-26.

ZINI L., FORTI P., CUCCHI F. (2006) - *La carta della vulnerabilità intrinseca e integrata alla contaminazione per l'area carsica del Monte Covria (Friuli, Italia)*. Ingegneria e Geologia degli Acquiferi, 21, 19-26.

Interferenza tra precipitazioni, stabilità geomorfologica e strade comunali nel territorio della Comunità Collinare Alto Astigiano (Piemonte centrale, Italia)

CORRADO GIOLITO
Comunità Collinare Alto Astigiano

LUCIANO MASCIOTTO
Dipartimento di Scienze della Terra,
Università degli Studi di Torino

SILVIA PASTORMERLO
Dipartimento di Scienze della Terra,
Università degli Studi di Torino

MAURIZIO PIGNATELLI
Comunità Collinare Alto Astigiano

MAURIZIO TOJA
Regione Piemonte – Settore OO.PP. di Asti

1. INTRODUZIONE

Nel territorio collinare del Piemonte centrale, le problematiche legate al dissesto idrogeologico diventano negli anni sempre più considerevoli, anche a fronte di eventi meteorici non eccezionali.

La situazione si aggrava se si considera che i fondi stanziati per il ripristino delle aree interessate dai dissesti decrescono col passare degli anni invece che assecondare le reali esigenze.

La necessità di intervenire sulla prevenzione del rischio idrogeologico diventa quindi una priorità, da perseguire a tutti i livelli di presidio del territorio.

In questa sede, gli autori si sono occupati degli effetti al suolo manifestatisi nel territorio della Comunità Collinare Alto Astigiano, in riferimento a quei fenomeni coinvolgenti le strade ed innescatisi negli ultimi eventi meteorici di intensità tale da generare diffuse condizioni di instabilità (dicembre 2008, aprile 2009, marzo 2011).

In occasione di piogge intense e prolungate il settore di indagine è interessato diffusamente da fenomeni di dissesto idrogeologico, quali frane e allagamenti.

In questo lavoro è stata dedicata una particolare attenzione a quei dissesti che coinvolgono la rete stradale, essendo causa di disagio sociale e risolvibili solo a seguito interventi onerosi.

Il lavoro svolto è stato finalizzato alla determinazione delle cause predisponenti dei fenomeni di dissesto ricorrenti sul territorio.

Queste informazioni verranno ulteriormente elaborate durante la realizzazione di un Manuale d'Uso del Suolo, per fornire ai tecnici operanti sull'area in esame alcune utili linee guida dei metodi di corretta gestione del territorio.

2. 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'Unione dei Comuni denominata Comunità Collinare Alto Astigiano è situata nel Piemonte centrale, nel nord-ovest del territorio della provincia di Asti (Fig. 1).

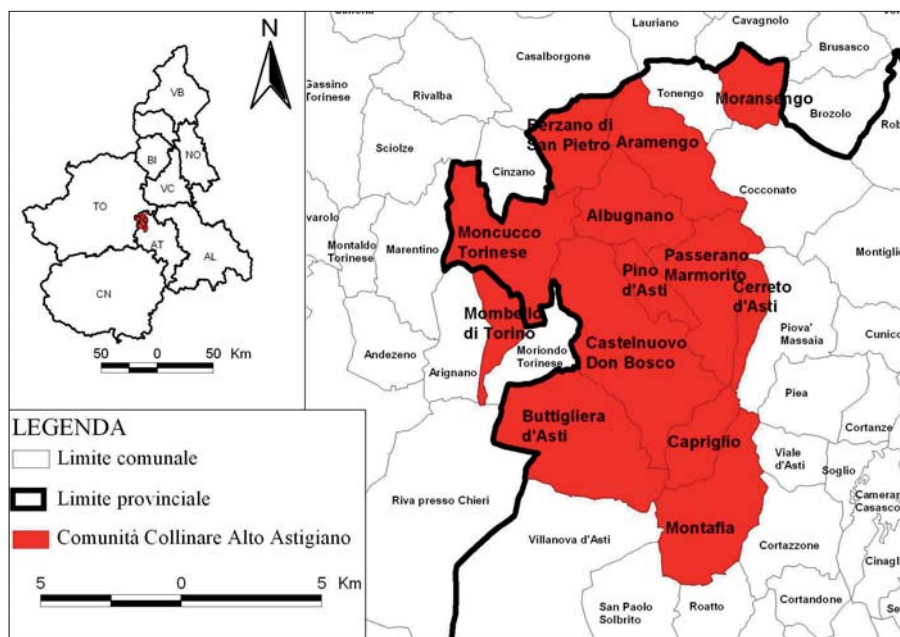


Figura 1 – Area oggetto di studio.

La suddetta Unione dei Comuni ricopre una superficie di 132 km² ed è costituita da 13 comuni, 12 dei quali in provincia di Asti (Albugnano, Aramengo, Berzano San Pietro, Buttigliera d'Asti, Capriglio, Castelnovo Don Bosco, Cerreto d'Asti, Moncucco Torinese, Montafia, Moransengo, Passerano Marmorito, Pino d'Asti), ed uno, (Mombello di Torino), in provincia di Torino. La Comunità Collinare dista circa 20 km sia da Torino che da Asti, ed è raggiungibile in auto dai due capoluoghi citati in mezz'ora circa.

Dal punto di vista geologico, l'area di studio è ubicata nel settore di raccordo tra la Collina di Torino (TH) a ovest e il Basso Monferrato (Mo) a est, domini appartenenti al Bacino Terziario Piemontese (TPB). Tali domini sono ricoperti verso sud, dai depositi plio-quadernari dell'Altopiano di Poirino e dei Rilievi Astigiani (Fig. 2).

I due domini citati mostrano successioni litologiche confrontabili tra di loro: le formazioni sedimentarie di origine marina più an-

tiche risalgono al Cretacico Superiore e sono conservate nei settori settentrionali dell'area di studio; verso sud la successione litologica ringiovanisce progressivamente e arriva a comprendere formazioni di origine costiera e continentale (Pleistocene), ben conservate nel settore dell'Altopiano di Poirino.

Per quanto riguarda le strutture, si individuano alcune differenze: la Collina di Torino, la cui struttura principale è rappresentata da una anticlinale asimmetrica con asse orientato SW-NE, si raccorda gradualmente tramite la Zona di Deformazione di Rio Freddo al Basso Monferrato, caratterizzato invece da una successione di strutture fragili orientate circa in direzione NW-SE.

Le condizioni climatiche del territorio della Comunità Collinare Alto Astigiano sono caratterizzate da bassi valori di precipitazioni rispetto al territorio regionale, con valori medi annui compresi tra i 700 e i 900 mm (Fig. 3).

Dal punto di vista idrografico, l'area di interesse è compresa all'intersezione delle linee

spartiacque di tre principali bacini idrografici (Fig. 4): verso nord il bacino dei corsi d'acqua direttamente affluenti nel F. Po, verso ovest il bacino del Rio Banna, verso est il bacino del Torrente Borbore.

Nel complesso, il settore di indagine è morfologicamente rappresentato da un ambiente collinare, la cui altitudine massima si rileva nel comune di Albugnano e quella minima nel comune di Montafia (Fig. 5). Nel settore settentrionale dell'area di studio, le testate dei corsi d'acqua incidono il territorio creando valli profonde con versanti acclivi; nel settore meridionale le valli dei corsi d'acqua si allargano e presentano in alcuni settori aree di sedimentazione, mantenendo tuttavia caratteri ad attiva erosione sui versanti. È presente una porzione di territorio pianeggiante nel comune di Buttigliera d'Asti, costituita dal settore nord-orientale dell'Altopiano di Poirino.

3. DATI PREGRESSI SUI DISSESTI LEGATI ALLA DINAMICA DI VERSANTE NELL'AREA DI STUDIO

La propensione del territorio della Collina di Torino e del Basso Monferrato ad essere coinvolti da fenomeni franosi è stata oggetto di studi approfonditi in diversi lavori, tra i quali si ricordano il progetto finalizzato C.N.R. "Conservazione del suolo – sottoprogetto fenomeni franosi" (BARISONE *et al.*, 1982) e i recenti rilievi realizzati per la cartografia geologica a scala 1:50.000 dei fogli 156 Torino Est (FESTA *et al.*, 2009) e 157 Trino (DELA PIERRE *et al.*, 2003).

Il primo lavoro citato 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 secondo l'attuale nomenclatura adottata) 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; in alcune zone è comune il passaggio a frane da colamento di terra o di fango.

Le Sabbie di Asti comprendono invece tipologie di movimento riferibili a crolli, frane da scivolamento rotazionale e frane da scivolamento planare

Le più recenti analisi a grande scala della franosità del territorio, effettuate nella realizzazione dei Fogli 157 Trino e 156 Torino Est, definiscono come le dimensioni dei singoli accumuli siano piuttosto modeste e comunque inferiori a 0,3 km²; il loro spessore,

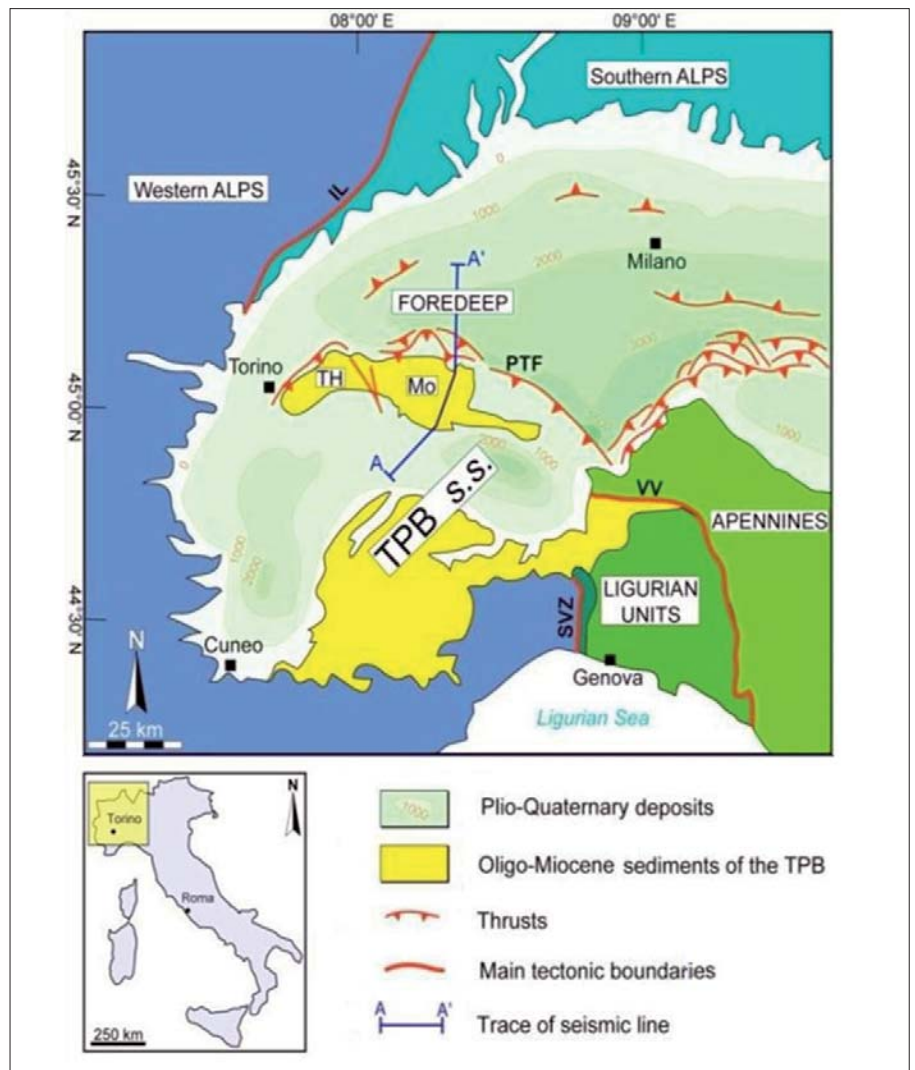


Figura 2 – Schema strutturale dei bacini sedimentari nella zona di giunzione tra Alpi ed Appennino. Modificato da FESTA *et al.* (2009). Il riquadro rosso indica l'area di studio.

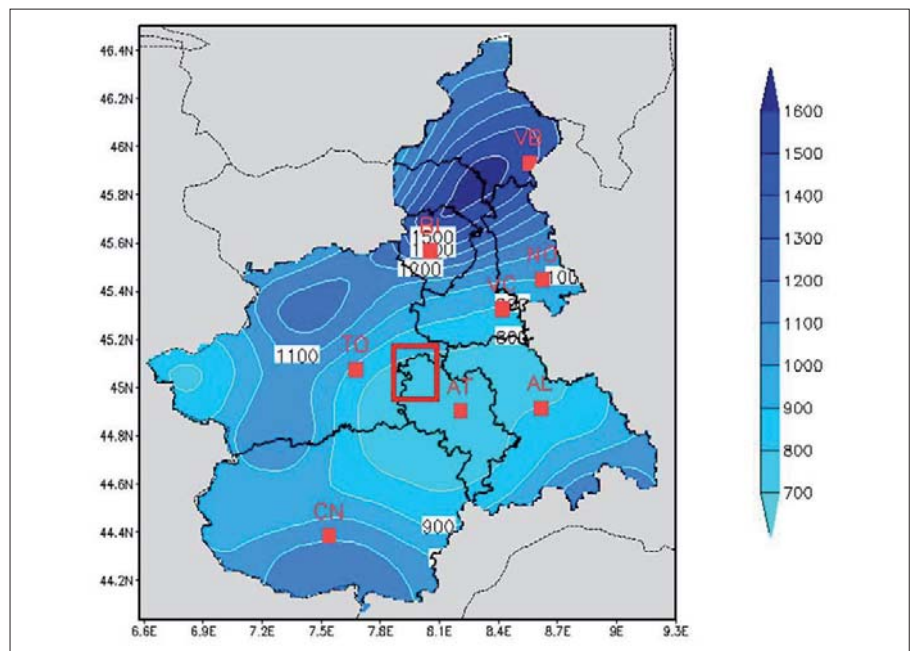


Figura 3 – Precipitazione media annua (mm) per il periodo 1971-2000 (RIF. WEB N. 1). Il riquadro rosso indica l'area di studio.

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,

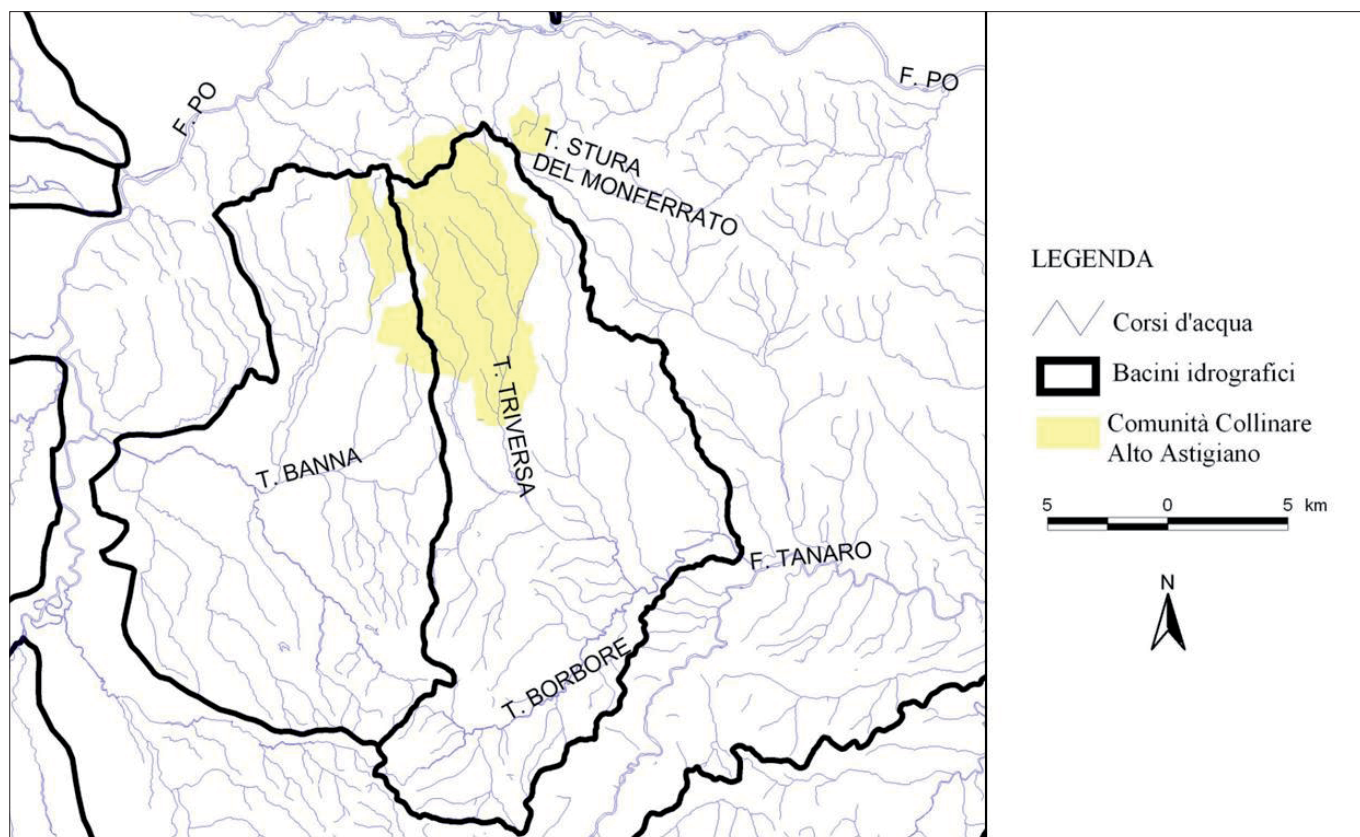


Figura 4 – Inquadramento idrografico dell'area di studio.

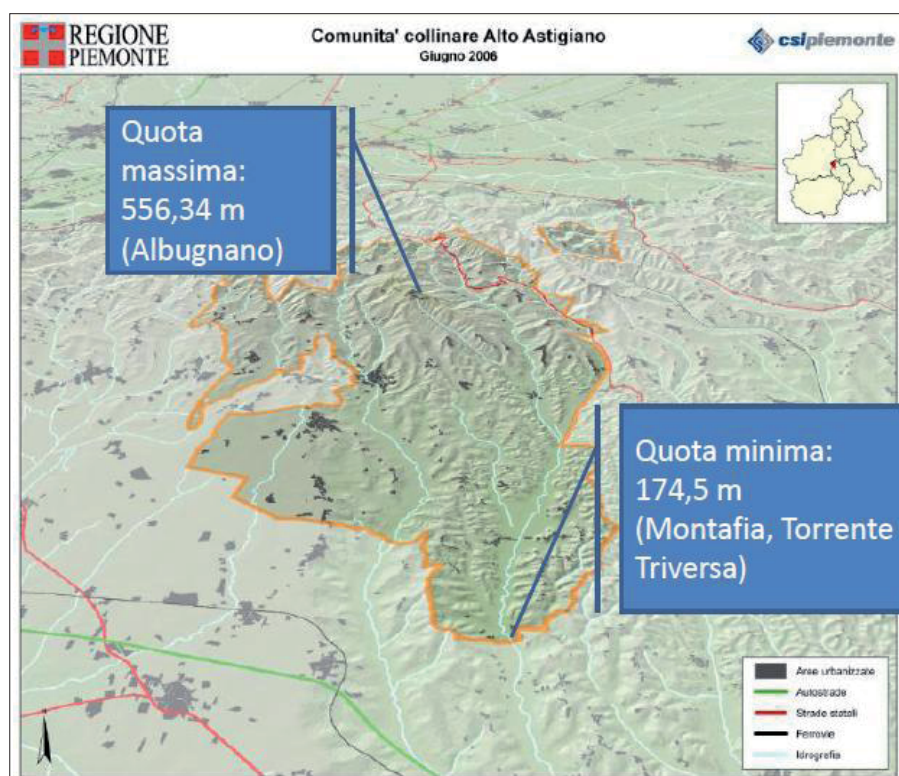


Figura 5 – Rappresentazione in rilievo del territorio della Comunità Collinare Alto Astigiano (RIF. WEB 2, modificato).

nel comune di Aramengo; fenomeno franoso di Albugnano) presentano spessori superiori alla decina di metri.

In rapporto all'estensione della superficie coinvolta, le unità maggiormente coinvolte da fenomeni di dissesto 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.

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.

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.

Nell'ambito delle formazioni a composizione carbonatica o sabbioso-arenaceo-conglomeratica, si individuano fenomeni di crollo, coinvolgenti generalmente modesti volumi di roccia, 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 rinvergono fenomeni di sprofondamento.

4. RACCOLTA ED ELABORAZIONE DATI

Nella fase di sperimentazione del presente lavoro di tesi sono stati studiati 60 casi di dissesto, verificatisi nel territorio della Comunità Collinare Alto Astigiano e conseguenti a

tre eventi meteorici intensi (dicembre 2008, aprile 2009 e marzo 2011).

I dissesti analizzati si sono verificati in corrispondenza della rete stradale che, nel territorio in esame, è interamente di competenza provinciale o comunale e si estende linearmente per circa 1.200 km (Fig. 6).

EVENTI METEOPLOUVIOMETRICI INTENSI - Eventi del dicembre 2008 e dell'aprile 2009

Tali eventi alluvionali sono stati caratterizzati da uno sviluppo temporale piuttosto lungo con più fasi parossistiche, di cui due, particolarmente critiche, hanno determinato, ad aprile 2009, un quadro assai grave.

Negli eventi in questione, un ruolo determinante è stato esercitato dalla fusione 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, provocando in tal modo una saturazione costante dei terreni.

La distribuzione delle precipitazioni sul territorio nelle due fasi parossistiche è riportata in Fig. 8. Si nota come l'area di studio ricada in un settore in cui le precipitazioni non sono state particolarmente intense rispetto alle aree limitrofe.

- Evento di marzo 2011

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 Fig. 9. La distribuzione spaziale delle isoiete è anch'essa confrontabile con quelle riportate in precedenza (Fig. 10).

4.2 CENSIMENTO DATI E LORO ELABORAZIONE

La fase di sperimentazione, iniziata nel dicembre 2010 e terminata nel maggio 2011,

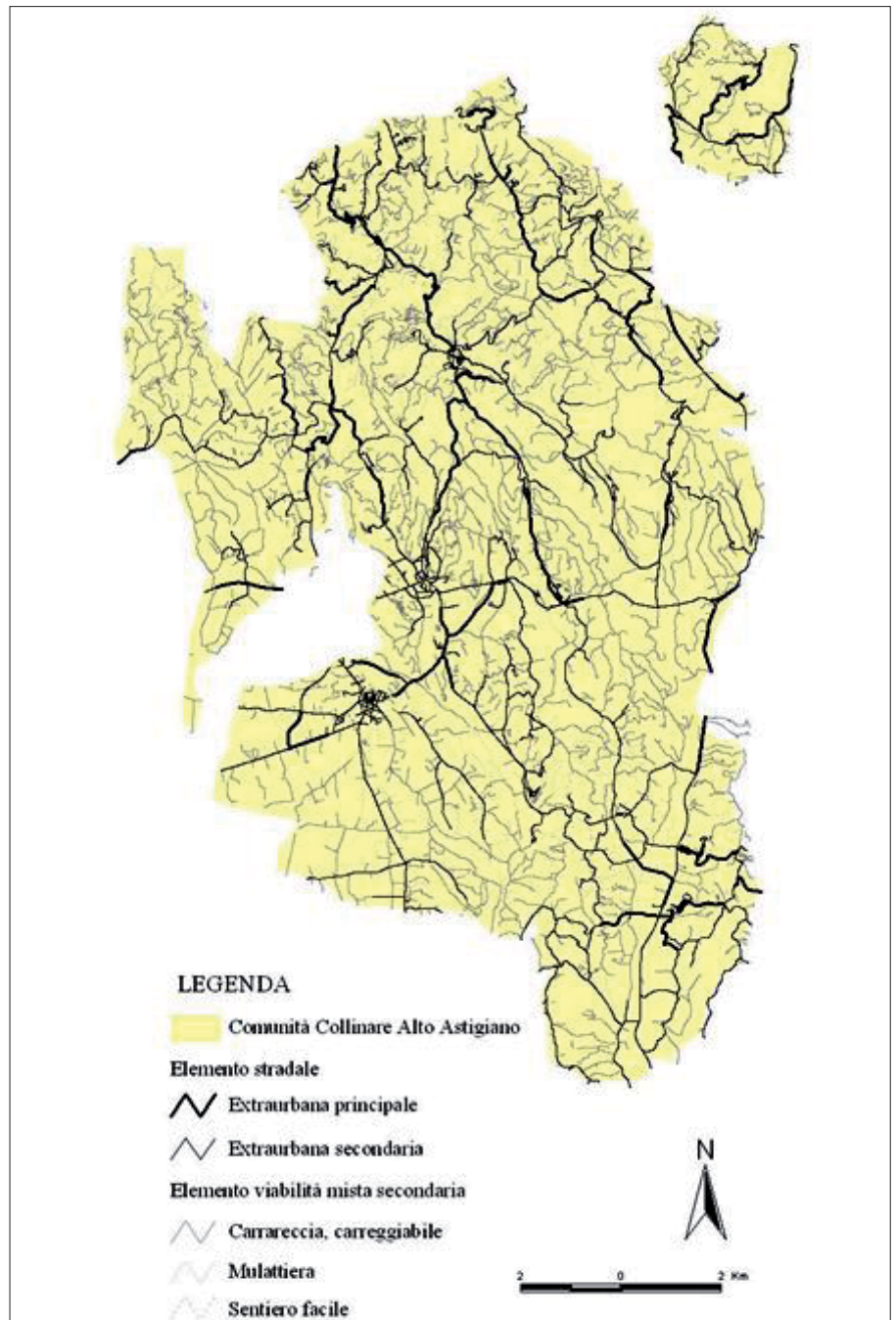


Figura 6 – Rete stradale della Comunità Collinare Alto Astigiano.

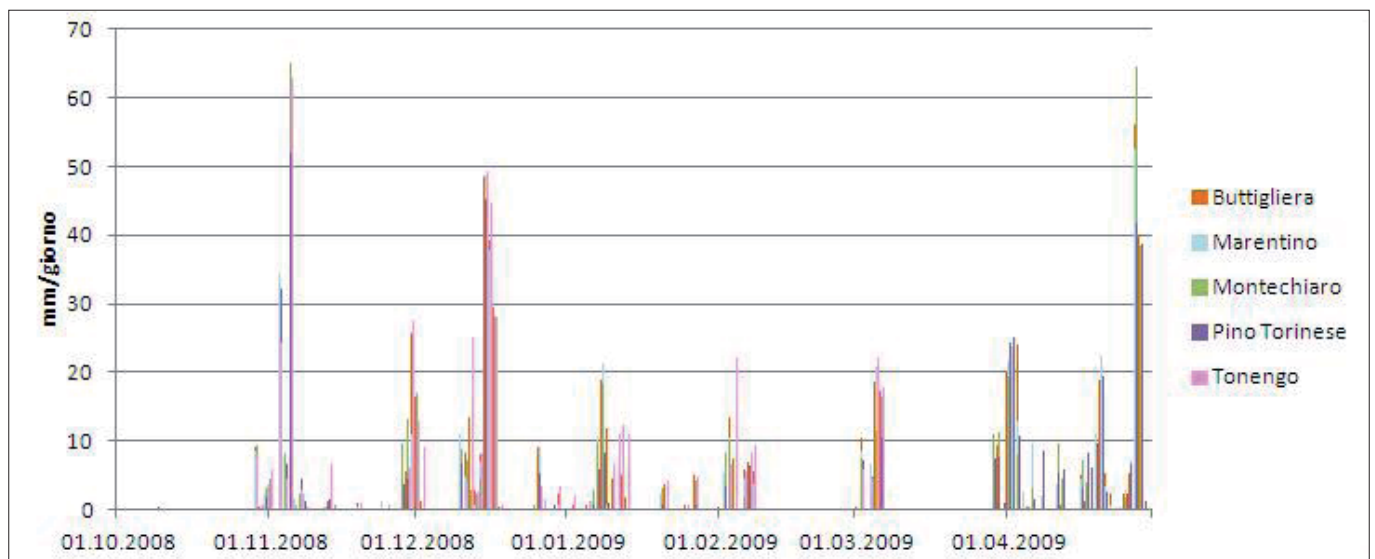


Figura 7 – Individuazione dei periodi di maggior piovosità registrati dalle stazioni pluviometriche presenti nell'intorno dell'area di studio nell'autunno-inverno 2008-2009. Si notano dei picchi di precipitazioni a inizio novembre, inizio e metà dicembre, inizio e fine aprile. Elaborazione dati degli annali meteorologici di Arpa Piemonte (RIF. WEB n.3).

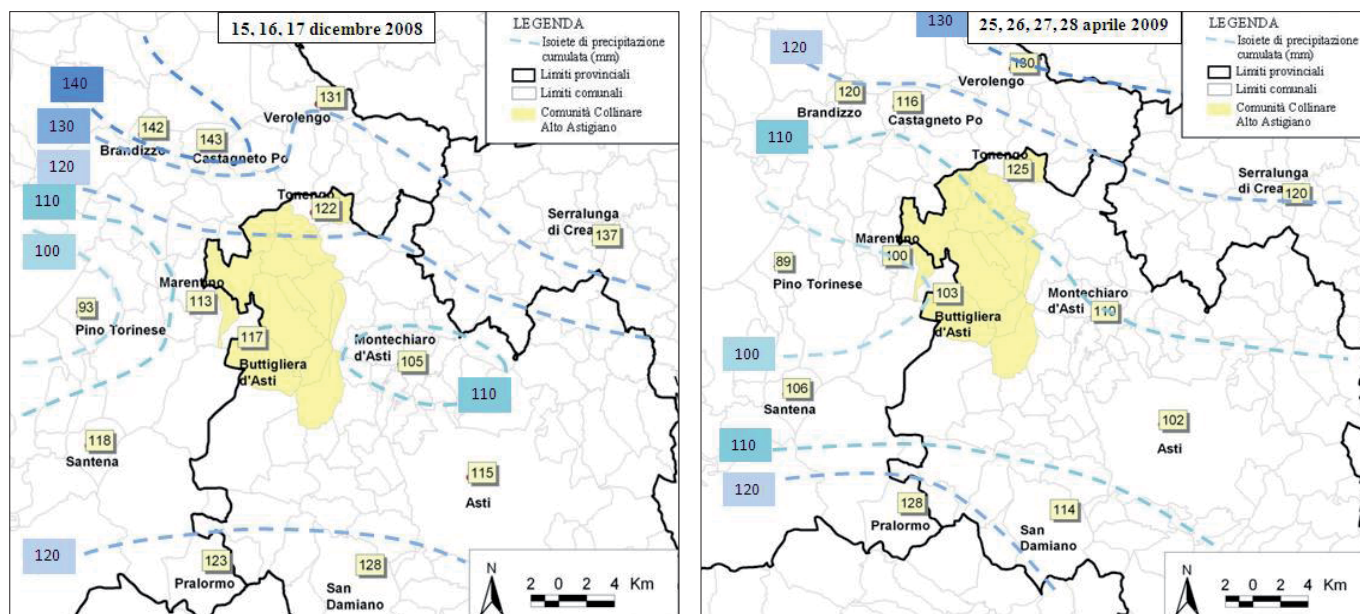


Figura 8 – Distribuzione delle precipitazioni degli eventi del dicembre 2008 e dell'aprile 2009.

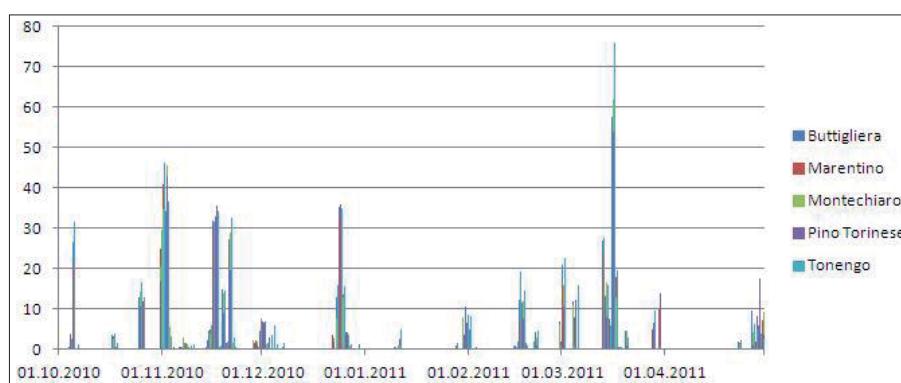


Figura 9 – Rappresentazione grafica della piovosità registrata dai pluviometri presenti in prossimità dell'area di studio nell'autunno-inverno 2010-2011. Si notano dei picchi di precipitazioni a inizio e metà novembre, inizio e fine dicembre, inizio e metà marzo. Elaborazione dati degli annuali meteorologici di Arpa Piemonte (Ref. Web n. 3).

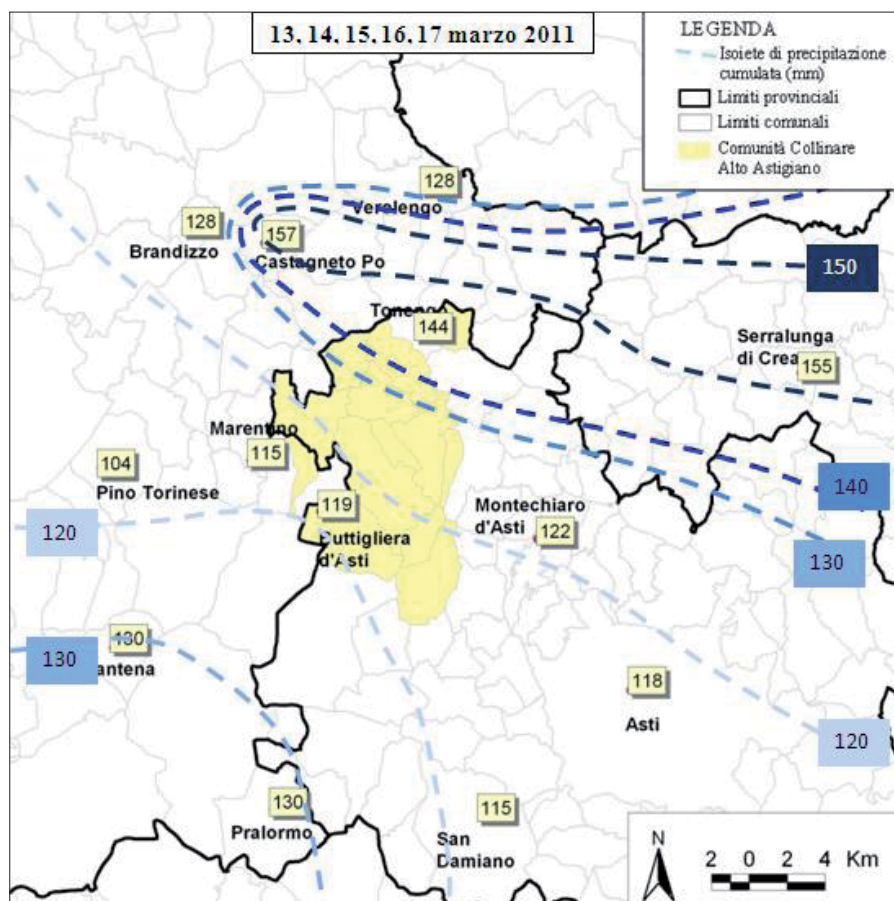


Figura 10 – distribuzione delle precipitazioni dell'evento di marzo 2011.

ha previsto sopralluoghi su n. 60 casi di dissesto, tra quelli segnalati dalle amministrazioni comunali tramite appositi moduli (Fig. 11).

Oltre ad altri criteri di scelta, si è anche cercato di distribuire i 60 casi studio omogeneamente sul territorio (Tab. 1, Fig. 12).

Per ciascun caso, è stata redatta una scheda descrittiva nella quale sono riportate informazioni relative all'inquadramento geografico e geologico del settore di interesse e viene fornita una descrizione del dissesto con fotografie e sezioni interpretative.

Infine le schede descrittive individuano le cause predisponenti e forniscono indicazioni circa i migliori interventi da realizzarsi per la sistemazione delle aree interessate dal dissesto.

Di seguito viene proposta una sintesi delle elaborazioni che si possono ottenere dal database realizzato, in questo caso finalizzata all'individuazione delle cause predisponenti ai diversi dissesti.

Dei 60 dissesti censiti, l'85% è rappresentato da fenomeni franosi e il 15% da fenomeni connessi con l'attività torrentizia (erosioni ed allagamenti).

5. 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.

Volendo distinguere i dissesti in base alla relazione spaziale col manto stradale, si può

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

Ubicazione dei dissesti censiti nel territorio della Comunità Collinare Alto Astigiano

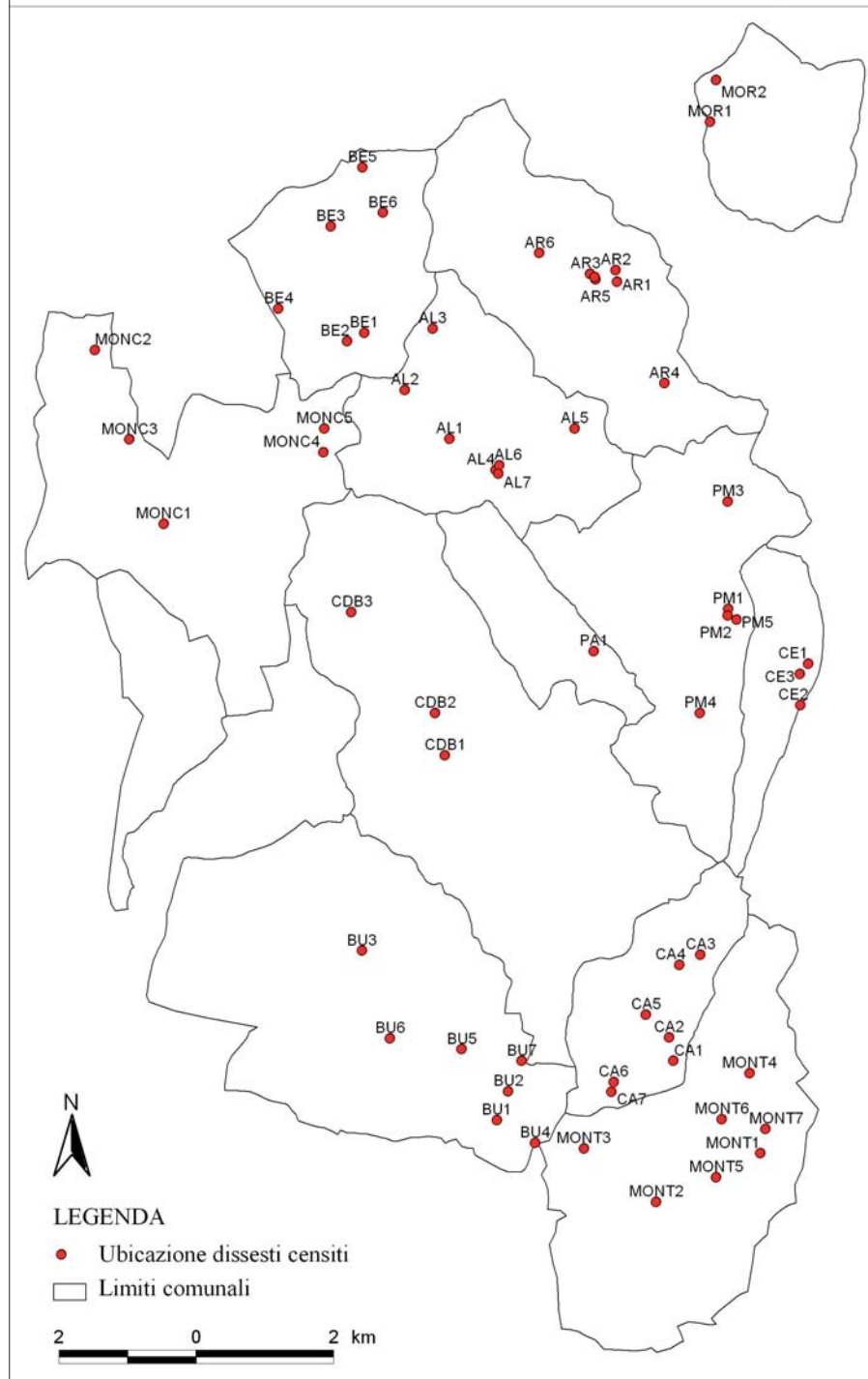


Figura 12 – Localizzazione spaziale dei dissesti censiti sul territorio della Comunità Collinare.

Tabella 1 – Numero di dissesti censiti per comune.

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

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 notare in Fig. 13, 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) e solo il 10% è costituito da dissesti che coinvolgono un tratto di strada sia a monte sia a valle (es. AR5).

In Tab. 2 vengono riportati i principali fattori predisponenti ai dissesti legati alla dinamica di versante, individuati durante i sopralluoghi, a cui vengono associati i possibili interventi di prevenzione del dissesto. La Fig. 14 mostra degli esempi relativi a tali fattori visibili sul terreno.

6. CONSIDERAZIONI SUI DISSESTI LEGATI ALLA DINAMICA TORRENTIZIA

Dei 60 dissesti censiti, solo 9 sono riconducibili a dissesti di tipo idrologico, nei quali sono compresi allagamenti, erosioni di sponda d'alveo ed erosioni causate da ruscellamento concentrato.

Per quanto concerne i dissesti legati alla dinamica fluviale, non è possibile individuare classi di dissesto ricorrenti, data la scarsità dei dati in possesso e la variabilità dei fenomeni connessi a tale dinamica.

Durante le operazioni di censimento ed analisi dei dati, è tuttavia emerso come sia di notevole importanza ragionare in termini di bacino idrografico nella sua interezza per poter comprendere quei meccanismi che generano le situazioni di dissesto ed allo stesso tempo prevedere degli interventi per la prevenzione del rischio realmente efficienti.

In tabella 3 vengono riportate alcune informazioni riguardo ai fenomeni di origine torrentizia osservati nel corso del censimento.

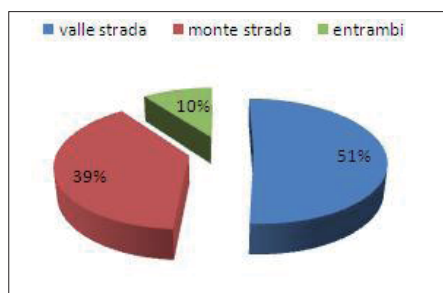


Figura 13 – Rappresentazione tramite un diagramma a torta delle percentuali di dissesti che si instaurano a valle della strada, a monte della strada o che la coinvolgono sia a monte sia a valle.

7. CONCLUSIONI

Le iniziative volte ad una più consapevole gestione del territorio sono vivamente promosse dai sindaci dei comuni dell'Unione Collinare, partendo dall'applicazione dei regolamenti già in vigore, come ad esempio facendo rispettare ciò che viene indicato nel d.lgs. 30 aprile 1992 n. 285 (nuovo Codice della Strada) (REPUBBLICA ITALIANA, 1992):

ART. 31: "MANUTENZIONE DELLE RIPE:

I proprietari devono mantenere le ripe dei fondi laterali alle strade, sia a valle che a monte delle medesime, in stato tale da impedire franamenti o cedimenti del corpo stradale, ivi comprese le opere di sostegno di cui all'art. 30, lo scoscendimento del terreno, l'ingombro delle pertinenze e della sede stradale in modo da prevenire la caduta di massi o di altro materiale sulla strada. Devono altresì realizzare, ove occorrono, le necessarie opere di mantenimento ed evitare di eseguire interventi che possono causare i predetti eventi. [...]"

ART. 32: "CONDOTTA DELLE ACQUE:

Coloro che hanno diritto di condurre acque nei fossi delle strade sono tenuti a provvedere alla conservazione del fosso e, in difetto, a corrispondere all'ente proprietario della strada le spese necessarie per la manutenzione del fosso e per la riparazione degli eventuali danni non causati da terzi. [...]"

In questa sede di lavoro è stata raccolta un'ampia quantità di materiale relativo alle condizioni di instabilità, caratteristiche dell'area di studio. Tali informazioni confluiranno nel progetto a più ampio spettro di realizzazione di un Manuale d'Uso del Suolo promosso dalla Comunità Collinare Alto Astigiano, con l'auspicio che tali informazioni siano di aiuto nel predisporre al meglio alcune norme finalizzate alla corretta gestione del territorio da inserire nei regolamenti di polizia rurale comunali.

BIBLIOGRAFIA

BARISONE G., BOTTINO G., CIVITA M. (1982) - Fenomeni franosi e franosità nel Basso Monferrato (Piemonte). In: Metodi, tecniche e risultati. Atti Conv. Chiusura P.F. Conservazione del Suolo, CNR 9-10/5/82, Roma.

Tabella 2 - Raccolta delle informazioni ricavate dall'elaborazione dei dati relativi ai fenomeni di versante.

Dissesti legati alla dinamica di versante: 85% dei dissesti censiti

Tipologia ricorrente:	Frane coinvolgenti la coltre superficiale o la porzione più alterata del substrato
Cause predisponenti:	Regimazione delle acque superficiali insufficiente; Presenza di sovraccarichi, quale vegetazione d'alto fusto; Acclività del versante; Caratteristiche geologico-tecniche del terreno scadenti.
Suggerimenti per la prevenzione:	Corretta regimazione delle acque superficiali; Periodica manutenzione della vegetazione; Riprofilatura del versante.
Interventi:	Posa in opera di canalette, realizzazione di fossi in terra; Realizzazione di muretti; Riprofilatura del versante. <u>Interventi per la messa in sicurezza sulle strade:</u> Realizzazione di cordoli o solette su pali; Asfaltare con pendenza verso monte; Rilocalizzare le strade.



Figura 14 – Esempi dei fattori predisponenti nei casi di dissesto censiti. 1: scarico tubazioni direttamente nel pendio; 2: presenza di vegetazione d'alto fusto; 3: caratteristiche litologiche scadenti; 4: elevata acclività del versante

Tabella 3 - Raccolta delle informazioni ricavate dall'elaborazione dei dati relativi ai fenomeni legati all'attività torrentizia.

Dissesti legati alla dinamica torrentizia: 15% dei dissesti censiti

Tipologia dei dissesti:	Allagamenti; Erosioni di sponda alveo; Situazioni di dissesto coinvolgenti interi bacini.
Cause predisponenti:	Elevata energia e trasporto solido del corso d'acqua; Scarsa manutenzione e pulizia dell'alveo e delle sponde del corso d'acqua.
Suggerimenti per la prevenzione:	Costruire difese spondali; Pulizia periodica delle sponde dei corsi d'acqua.
Interventi:	Realizzazione di bacini di laminazione e sedimentazione.

DELA PIERRE F., PIANA F., FIORASO G., BOANO P., BICCHI E., FORNO M.G., VIOLANTI D., BALESTRO G., CLARI P., D'ATRI A., DE LUCA D., MORELLI M. & RUFFINI R. (2003) - Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 157 Trino. APAT - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia: 1-147 pp., Roma.

FESTA A., DELA PIERRE F., IRACE A., PIANA F., FIORASO G., LUCCHESI S., BOANO P. & FORNO M.G. (2009) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 156 Torino

Est. APAT, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici - Dipartimento Difesa del Suolo, Roma, 128 pp.

REPUBBLICA ITALIANA (1992) - Decreto legislativo del 30/04/1992 n. 285: "Nuovo codice della strada" (g.u. n. 114 del 18/05/1992).

Rif. WEB 1 - <http://rsaonline.arpa.piemonte.it/meteorologia50/index.htm>

Rif. WEB 2 - <http://www.regione.piemonte.it/montagna/osservatorio/webgismcc/tabella2.htm>

Rif. WEB 3 - <http://www.arpa.piemonte.it/annali/meteorologici>

Il ruolo della saturazione dei terreni in rapporto alla modalità di innesco dei fenomeni franosi in provincia di Asti negli eventi di dicembre 2008, aprile 2009 e marzo 2011

LUCA DI MARTINO
Regione Piemonte

LUCIANO MASCIOTTO
Dipartimento di Scienze della Terra
Università degli Studi di Torino

GIUSEPPE RICCA
Regione Piemonte

MAURIZIO TOJA
Regione Piemonte

1. INTRODUZIONE

Il territorio della provincia di Asti (Fig. 1) è stato interessato, nel periodo novembre 2008-marzo 2011, da eventi meteorici significativi che hanno progressivamente determinato fenomeni di dissesto idrogeologico.

In particolare, il periodo novembre 2008-aprile 2009 è stato caratterizzato da eventi meteorici, significativi ma non eccezionali, che hanno impattato su terreni costantemente saturi, innescando sui versanti movimenti a profondità via via crescenti; l'eccezionalità dell'evento è da mettere in relazione con la prolungata criticità, che ha presentato 2 picchi parossistici a distanza di 5 mesi l'uno dall'altro (Di Martino *et al.*, 2009; Ricca *et al.*, 2011).

Nel marzo 2011 si è registrata una nuova fase parossistica che ha presentato delle peculiarità che la differenziano da quelle del periodo sopraccitato; registrato che l'anno 2010 non ha presentato particolari picchi dal punto di vista pluviometrico, si è assistito, nella primavera 2011, ad un nuovo aggravamento del quadro dissestivo, a seguito tuttavia di un evento che ha presentato precipitazioni molto modeste (nel pluviometro di Asti precipitazione cumulata di 70 mm nelle 48 h e cumulata di 120 mm in 5 giorni).

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il settore in esame è caratterizzato da un territorio collinare con acclività e morfologia condizionate dall'assetto litologico e strutturale del substrato.

La struttura è dominata dalla Sinclinale Astigiana diretta ovest-est, con culminazione assiale in corrispondenza dell'abitato di Asti. Il settore centrale è caratterizzato dalla presenza della successione pliocenica marina (Sabbie di Asti, Argille di Lugagnano) con stratificazione sub-orizzontale e, nella parte occidentale dalle successioni plio-pleistoceniche connesse al progressivo colmamento del bacino in ambiente lagunare-continentale (Villafranchiano Auct.).

Procedendo a nord e a sud, sui fianchi della sinclinale, affiorano i terreni più antichi, appartenenti al Bacino Terziario Ligure Piemontese (BTP). In particolare, il settore settentrionale è caratterizzato dalla presenza delle successioni terrigene intensamente tet-

tonizzate della Collina di Torino e del Basso Monferrato mentre, nel settore meridionale, affiorano i depositi torbiditici oligo-miocenici delle Langhe, con andamento monoclinale immergente di pochi gradi verso i quadranti settentrionali (Fig. 2).



Figura 1 – Area oggetto di studio.

3. L'EVENTO METEOROLOGICO NOVEMBRE 2008-APRILE 2009

L'evento di novembre 2008-aprile 2009 è stato caratterizzato da uno sviluppo temporale articolato in 4 fasi parossistiche, di cui due maggiormente critiche, che hanno determinato uno stato di criticità diffusa esteso all'intera provincia.

Per fornire una indicazione quantitativa dell'anomalia delle precipitazioni rispetto alla climatologia, è stato utilizzato l'indice meteorologico SPI (Standardized Precipitation Index) che fornisce indicazioni sullo scostamento su scale temporali multiple. Valori positivi dell'indice si riferiscono ad una situazione di piovosità con entità maggiore del valore della mediana della serie pluviometrica, mentre valori negativi si riferiscono ai casi più siccitosi. A ciascuna classe di valori del SPI è associato un valore di probabilità, ricavato dalla corrispondente distribuzione di probabilità, che l'evento climatologico in questione si verifichi e quindi una tipologia di severità.

Per gli scostamenti positivi, convenzionalmente si suddivide l'SPI in 3 classi: piovosità moderata per valori compresi tra 1 e 1,49, piovosità severa tra 1,5 e 1,99, piovosità estrema per valori dell'indice maggiori di 2. Il superamento di quest'ultimo rappresenta un evento con probabilità di accadimento inferiore al 5%. Il semestre in esame è risultato uno dei più piovosi degli ultimi 20 anni.

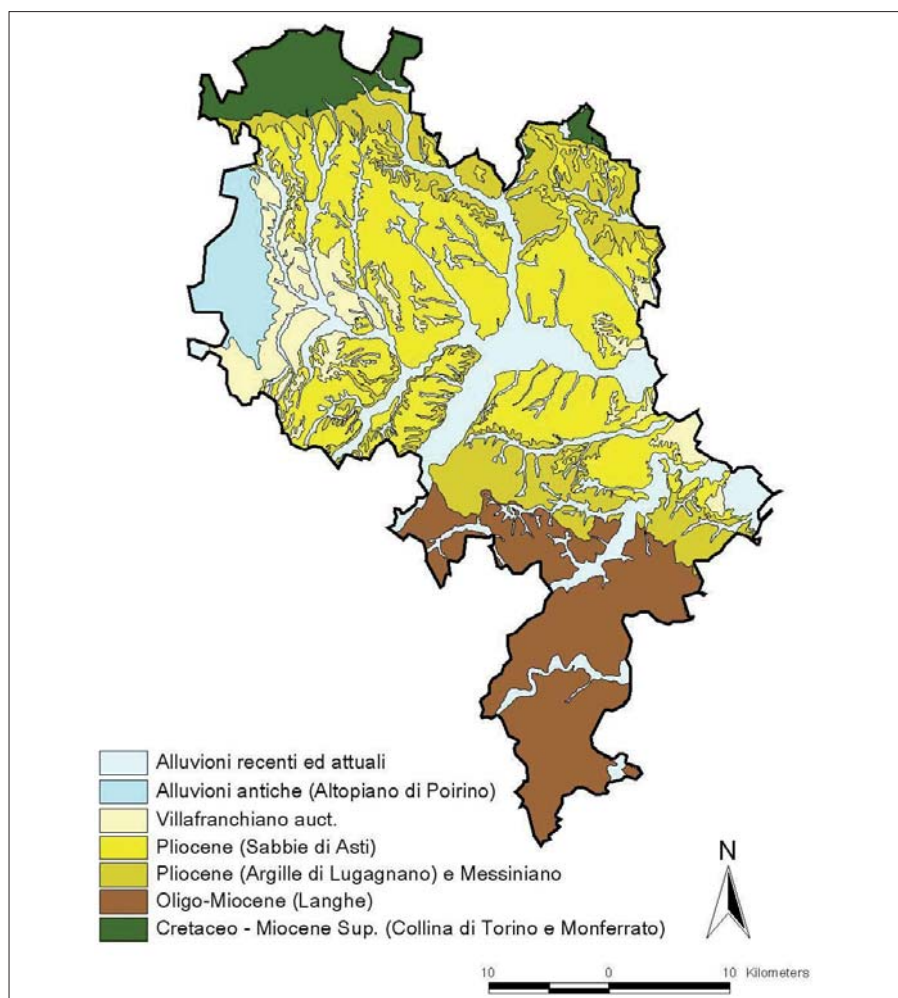


Figura 2 – Inquadramento geologico.



Figura 3 – Frane per saturazione e fluidificazione della coltre superficiale presso Calosso (dicembre 2008).



Figura 4 – Frana per scivolamento rotazionale allo stato incipiente in località Braglia presso Canelli (febbraio 2009).

Nel bacino del Tanaro, le piogge ragguagliate hanno raggiunto 945,5 mm, con piovosità estrema secondo l'indice SPI; confrontabili sono state le precipitazioni nel bacino del Bormida, che hanno fatto registrare valori di piogge ragguagliate di 927,4 mm e, anche in questo caso, piovosità estrema secondo l'SPI (Arpa Piemonte 2009b).

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. Gli eventi nevosi maggiormente significativi si sono verificati alla fine di novembre 2008, a metà e alla fine di dicembre 2008, nonché nel giorno dell'Epifania 2009.

Ai contributi nevosi occorre aggiungere numerosi eventi piovosi che hanno caratterizzato il periodo nel territorio della provincia di Asti; in particolare le piogge significative sono state le seguenti:

- 1 - 6 novembre 2008
- 12 - 13 novembre 2008
- 15 - 16 dicembre 2008
- 2 - 4 febbraio 2009
- 28 marzo - 2 aprile 2009
- 26 - 27 aprile 2009

A queste occorre aggiungere l'equivalente in acqua derivante dai 4 eventi nevosi significativi.

Si ritiene utile, per completezza di trattazione, fornire alcuni brevi cenni sull'impatto delle precipitazioni sul reticolo idrografico principale e secondario della provincia di Asti, anche se la descrizione della dinamica fluviale e torrentizia non rientra tra gli obiettivi del presente studio.

Per quanto si è potuto verificare attraverso sopralluoghi effettuati in corso di evento, nel dicembre 2008 si sono registrate localizzate esondazioni che hanno interessato il reticolo idrografico minore, in particolare sui T. Versa, T. Triversa, T. Banna e T. Bormida di Millesimo.

Le precipitazioni del 26-27 aprile 2009 hanno causato esondazioni sul reticolo minore con areali del tutto confrontabili con quelli rilevati in dicembre.

Il reticolo maggiore ha fatto registrare solo limitate esondazioni, come nel caso del Fiume Tanaro a Rocchetta Tanaro.

4. ANALISI DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO (DICEMBRE 2008 - APRILE 2009)

Di seguito vengono esaminate e descritte in dettaglio le 4 fasi critiche nelle quali si è articolato l'evento, in concomitanza delle quali si sono innescati i principali movimenti franosi. In questo caso, l'evoluzione del dis-

sesto è risultata direttamente correlabile con la progressiva saturazione del suolo.

FRANE DEL 15 - 16 DICEMBRE 2008

Le piogge che hanno causato l'insacco dei fenomeni franosi hanno saturato spessori di terreni già interessati dalle piogge del 1-7 novembre e del 12-13 novembre 2008 e dalla fusione della neve caduta tra il 28 novembre e il 1 dicembre. In generale, si sono sviluppati dei *soil slip*, ovvero frane per saturazione e fluidificazione della coltre superficiale caratterizzate da cinematiso rapido, senza il coinvolgimento del substrato (De Luca *et al.*, 1996; Fig. 3).

FRANE SVILUPPATESI NELLA PRIMA SETTIMANA DI FEBBRAIO 2009

Le precipitazioni responsabili di questi movimenti gravitativi non hanno presentato una particolare intensità; tuttavia, l'innalzamento delle temperature, con la conseguente fusione della neve caduta nelle giornate del 6-7 gennaio, ha determinato l'insacco di una nuova serie di dissesti. Anche in questo caso, l'equivalente in acqua della copertura nevosa ha svolto un ruolo determinante. Essa si è infatti sommata alla pioggia caduta alla fine di gennaio e all'inizio di febbraio, causando nuovi fenomeni gravitativi che interessano



Figura 5 – Frana per scivolamento rotazionale evolvente in colata innescatosi alle ore 01,20 del 03/04/2009 presso Mombercelli; in questo caso, la frana ha interessato anche il substrato. Sulla destra si riconoscono anche alcuni soil slip attivatisi nel dicembre 2008.



Figura 6 – Vigna interessata da fenomeni di fluidificazione della coltre eluviale presso Mombercelli (aprile 2009).

il substrato. Queste frane, assai inferiori di numero rispetto a quelle del dicembre 2008, sono state caratterizzate da cinematismi lenti e complessi, con coinvolgimento di volumi considerevoli (Fig. 4).

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 dei dissesti già in atto, e il contemporaneo sviluppo di nuovi fenomeni (Fig. 5).

FRANE DEL 26 - 27 APRILE

Le precipitazioni che hanno innescato i dissesti si sono caratterizzate per notevole intensità e durata ed hanno agito su terreni ancora saturi e versanti in condizioni di equilibrio precario. In questo scenario di crisi generalizzata, si sono registrati numerosi fenomeni di fluidificazione delle coltri superficiali di ingenti proporzioni, con danni a fabbricati o a nuclei abitati, alla viabilità (principale e secondaria) e ai terreni agricoli (Fig. 6).

Inoltre l'evento ha determinato l'innescio di fenomeni franosi lenti dal cinematismo complesso che hanno coinvolto il substrato. Si tratta, in molti casi, di fenomeni allo stato incipiente, che si manifestano con fratture nel terreno poco continue, che spesso deformano la viabilità e creano deboli disallineamenti dei filari di vite; in minor misura si tratta di fenomeni maggiormente evoluti (Figg. 7 e 8).



Figura 7 – Esteso fenomeno franoso su un versante a debole pendenza presso Castagnole Lanze (aprile 2009).



Figura 8 – Scivolamento planare a Castel Rocchero (aprile 2009). Ripresa aerea mediante volo U.A.V. (Unmanned Aerial Vehicle) – Convenzione Compagnia Nimbus/Protezione Civile Regione Piemonte.

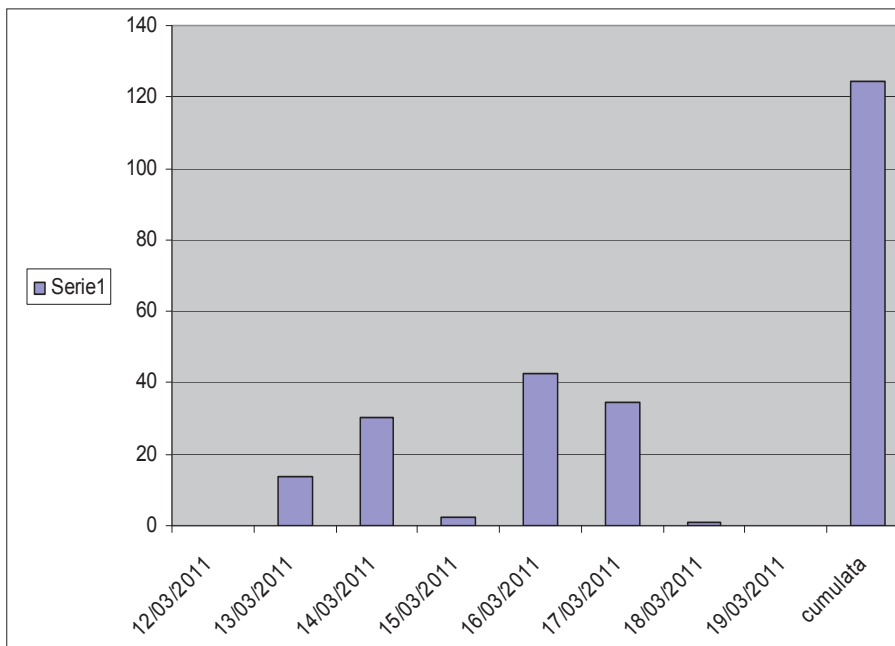


Figura 9 – Piogge cumulate relative all'evento del marzo 2011 registrate dalla stazione di Asti Tanaro.

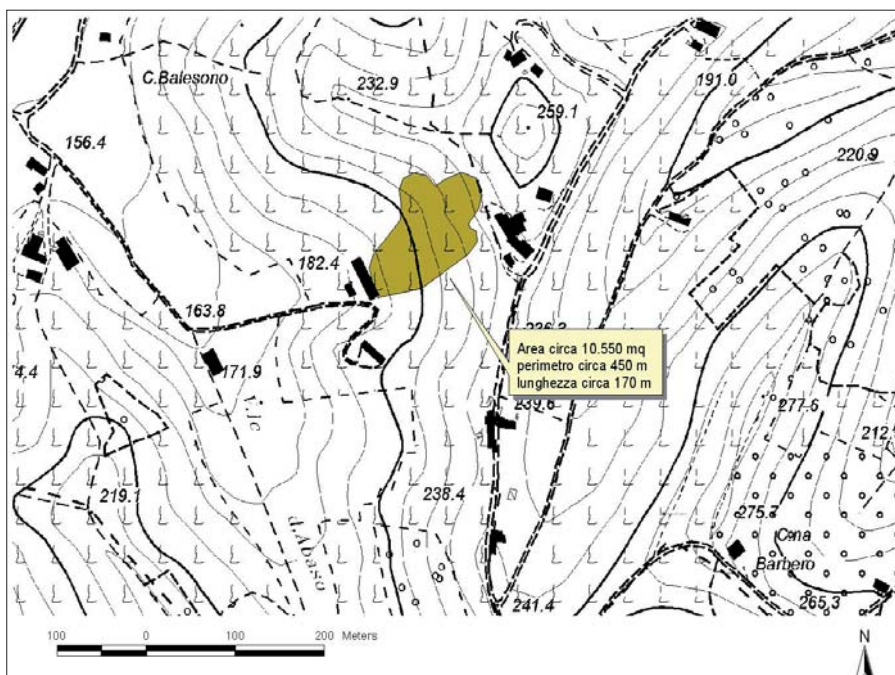


Figura 10 – Perimetrazione del dissesto gravitativo di Montegrosso d'Asti (marzo 2011).

5. ANALISI DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO (MARZO 2011)

L'evento dissestivo del marzo 2011 è stato caratterizzato da una modesta precipitazione cumulata: circa 120 mm (Fig. 9) rispetto a una precipitazione cumulata di circa 80 mm nei 15 giorni precedenti e di circa 300 mm nei 5 mesi precedenti. Parallelamente si evidenzia l'assenza di precipitazioni nevose significative.

Tale quadro idrologico non sembrerebbe giustificare l'innescò degli estesi e profondi fenomeni franosi che invece si sono verificati e che hanno coinvolto in modo incisivo anche alcuni nuclei abitati della provincia di Asti distribuiti omogeneamente su tutto il territorio.

Da informazioni assunte durante i sopralluoghi sui grandi dissesti, in tutti i casi è stato appurato che i primi movimenti si sono verificati durante il periodo dicembre 2008-aprile 2009; si può ipotizzare che in quel periodo si siano creati piani di scollamento che facilitano la riattivazione anche in presenza di piogge non eccezionali.

Sembrerebbe pertanto che gli eventi dissestivi degli anni precedenti abbiano determinato la formazione di livelli di debolezza del terreno, i quali possono far riattivare i movimenti anche ad anni di distanza in presenza di precipitazioni modeste. Ad esempio, nel comune di Montegrosso d'Asti, in occasione dell'evento di marzo 2011 una frana complessa ha coinvolto, al proprio piede, un edificio bifamiliare di civile abitazione (Fig. 10); intervistando i proprietari è stato appurato che nell'inverno 1976-77 si era manifestato un fenomeno franoso confrontabile, anche se di questo si era persa memoria (non compare infatti in alcuna Banca Dati). Nell'evento di novembre 2008-aprile 2009 erano stati osservati da parte dei proprietari alcuni movimenti nel versante a tergo delle abitazioni che però non avevano determinato danni. Si può concludere che il



Figura 11 – Scarichi di condotte fognarie e di gronda degli edifici hanno favorito l'innesco della frana di Casorzo (marzo 2011)

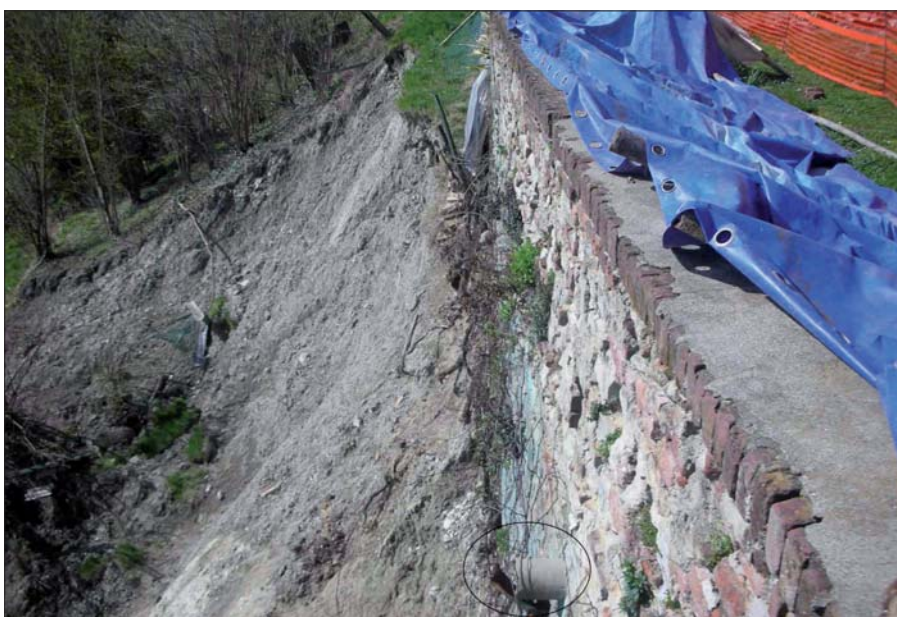


Figura 12 – Scarichi di gronda convogliati direttamente sul versante come concausa della frana di Aramengo (marzo 2011).



Figura 13 – Scarichi di gronda dispersi sul terrapieno asportato dalla frana di Celle Enomondo (marzo 2011).

fenomeno rappresenta una riattivazione di un movimento i cui piani di scollamento sono da riferirsi almeno all'evento parossistico dell'inverno 1976-77; l'evento di novembre 2008-aprile 2009 ha nuovamente predisposto la riattivazione la quale si è infine palesata nel marzo 2011.

In molti casi di dissesto rilevati nel marzo 2011, sono state accertate concause di natura antropica che hanno facilitato l'innesco dei fenomeni.

Per esempio, negli abitati di Casorzo, Aramengo e Celle Enomondo, frane di scivolamento rotazionale evolventi in colata, con interessamento marginale dell'abitato e rischio di evoluzione regressiva e laterale del fenomeno, sono state favorite dall'azione di scarico superficiale delle acque di gronda degli edifici o dalla presenza di condotte fognarie di acque miste (Figg. 11, 12, 13).

A San Marzano Oliveto, una frana di scivolamento traslazionale a carico della coltre eluvio-colluviale ha provocato lesioni nel muro di contenimento del concentrico e coinvolgimento marginale del concentrico stesso con svuotamento della base del muro e denudamento dei pali (Figg. 14, 15). Anche in questo caso, le interferenze antropiche rilevate sono riconducibili alla mancanza di regimazione delle acque superficiali nell'area a monte del muro e delle acque di scarico dei barbacani a valle dello stesso. In questo caso si tratta di una riattivazione di un fenomeno noto che si era palesato intorno agli anni '80 e, a detta dei proprietari dei terreni, aveva subito riattivazioni poco significative (deboli disallineamenti dei filari) nel corso dell'evento novembre 2008-aprile 2009.

Anche a Castelnuovo Don Bosco, il crollo di un muro storico nel concentrico che ha distrutto parte di un edificio di civile abitazione (per un caso fortuito senza vittime) è stato causato sia per perdite di una condotta dall'edificio soprastante sia per mancanza di regimazione delle acque di ruscellamento a monte del muro (Fig. 16).

6. CONCLUSIONI

Sebbene dal punto di vista pluviometrico si siano rilevate sostanziali difformità tra gli eventi considerati (volumi di precipitazione elevati, nella serie novembre 2008 – aprile 2009 ed assai modesti nell'evento del marzo 2011), l'entità dei conseguenti fenomeni di dissesto è risultata confrontabile.

Per i fenomeni gravitativi del dicembre 2008-aprile 2009, il ruolo della saturazione del suolo appare conclamato (Ricca *et al.*, 2011; Campus *et al.*, 2011) e confermato dall'evoluzione dei dissesti.

Per le frane di grandi dimensioni relative al marzo 2011 i dati raccolti hanno portato a ritenere verosimili le seguenti cause:

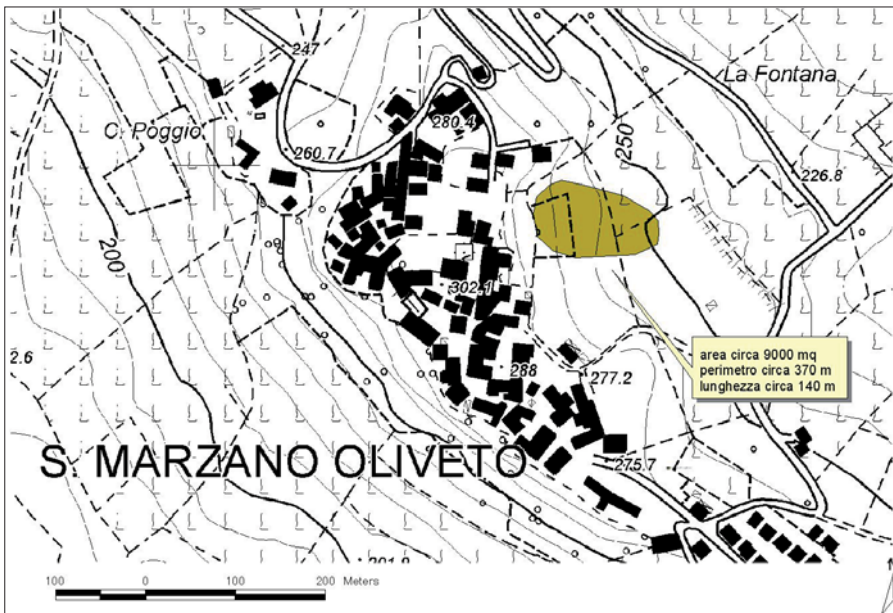


Figura 14 – Perimetrazione della frana di San Marzano Oliveto (marzo 2011).



Figura 15 – Vista da valle verso monte della frana di San Marzano Oliveto (marzo 2011).



Figura 16 – Danni causati dal crollo del muro medievale nel concentrico di Castelnuovo Don Bosco, (marzo 2011).

- predisposizione all'innesco lungo piani di scivolamento preferenziali attivatisi in occasione degli eventi precedenti;
- interferenze antropiche in situazioni di criticità geomorfologica.

Tali osservazioni portano a ritenere che le formazioni terrigene e le relative coltri superficiali che caratterizzano le colline della provincia di Asti mantengano memoria degli eventi passati e che, in assenza di una corretta gestione del territorio, possano dar luogo a fenomeni franosi più gravi di quanto ci si potrebbe attendere dall'entità delle piogge registrate.

L'analisi dei principali fenomeni gravitativi considerati ha evidenziato come semplici ed economici accorgimenti tecnici, relativi soprattutto alla regimazione delle acque di ruscellamento, avrebbero potuto evitarne l'innesco o quanto meno limitarne l'evoluzione.

BIBLIOGRAFIA

ARPA PIEMONTE (2008) - *Rapporto sulle piogge e nevicate intense del 14-17 dicembre 2008 in Piemonte*. Arpa Piemonte, Torino.

http://www.arpa.piemonte.it/upload/dl/Rapporti_di_evento/rapporto_dicembre_2008_1.pdf

ARPA PIEMONTE (2009a) - *Rendiconto nivometrico stagione invernale 2008-2009*. Arpa Piemonte, Torino.

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

ARPA PIEMONTE (2009b) - *Evento meteo-pluviometrico del 26-28 aprile 2009*. Arpa Piemonte, Torino.

http://www.arpa.piemonte.it/upload/dl/Rapporti_di_evento/Evento_meteopluiometrico_del_26-28_aprile_2009/Evento_26_28_aprile_1.pdf

ARPA PIEMONTE (2011) - *Rapporto dell'Evento meteo-pluviometrico del 15 e 16 marzo 2011*. Arpa Piemonte, Torino.

http://www.arpa.piemonte.it/upload/dl/Rapporti_di_evento/15162011Rapportoevento.pdf

CAMPUS S., CREMONINI R., RABUFFETTI D. & TIRANTI D. (2011) - *Le precipitazioni invernali come fattore di instabilità decisivo per le frane innescate da piogge primaverili di moderata intensità. L'evento del 26-28 aprile 2009 nel Piemonte meridionale*. *Geologia dell'Ambiente*, 2/2011, pag. 20-28.

DE LUCA D.A., BERETTA G.P. & MASCIOTTO L. (1996) - *Influenza dell'avanzamento del fronte di inumidimento sulla formazione di frane superficiali in conseguenza di eventi meteorici intensi*. *Quaderni di Geologia Applicata*, 3 - 2(1996), 55-66, Pitagora Editrice Bologna.

DI MARTINO L., FREILONE C., RICCA G. & TOJA M. (2009) - *December 2008-april 2009: Landslide phenomena in the Asti Province (with a particular attention to secondary roads)*. *Geitalia 2009*, VII forum italiano di scienze della terra. Rimini 9-11 settembre 2009.

RICCA G., DI MARTINO L., FREILONE C. & TOJA M. (2011) - *Dicembre 2008-aprile 2009: fenomeni franosi nella provincia di Asti*. *Geologia dell'Ambiente*, 2/2011, pag. 39-43.

La sostenibilità della gestione dei rifiuti nel paesaggio collinare dell'Irpinia orientale (Campania)

ALESSIO VALENTE
Dipartimento di Scienze per la Biologia, la Geologia e l'Ambiente, Università del Sannio
e-mail: valente@unisannio.it

FILIPPO RUSSO
Dipartimento di Scienze per la Biologia, la Geologia e l'Ambiente, Università del Sannio
e-mail: filirusso@unisannio.it

MICHELE SISTO
Dipartimento di Scienze per la Biologia, la Geologia e l'Ambiente, Università del Sannio
e-mail: msisto@unisannio.it

INTRODUZIONE

Nel 2001 l'Amministrazione provinciale di Avellino dava avvio alla realizzazione del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) e nel 2004 la medesima adottava gli Studi al Preliminare del PTCP, quale strumento di governo delle trasformazioni del territorio e punto di riferimento per le trasformazioni urbane e rurali, da riassumere, poi, nel PTCP definitivo. In tale documento già emergeva la possibile "mission" del territorio avellinese in tema di pianificazione territoriale e ambientale, caratterizzata da "Linee strategiche" dalle quali dedurre gli "Obiettivi strategici" assegnati alle province con il D.L. n. 267/2000.

Contemporaneamente la Regione Campania emanava la Legge Regionale n. 16/2004

"Norme sul governo del territorio", incentrata sulle finalità e principi della pianificazione territoriale a varia scala e con i vari "attori" coinvolti si impegnava a recepire, nel 2005, la "Convenzione Europea del Paesaggio" per l'integrazione del paesaggio nelle politiche urbanistiche e di pianificazione del territorio. La Legge Regionale n. 13/2008 approvava in maniera definitiva il Piano Territoriale Regionale (PTR) nell'ambito del quale il territorio campano veniva diviso in 45 Sistemi Territoriali di Sviluppo di cui 7 nella sola Provincia di Avellino.

I principi della salvaguardia dell'ambiente e del territorio, nell'ottica della sostenibilità, sono sanciti con la L.R. n. 4/2007 "Norme in materia di gestione, trasformazione, riutilizzo dei rifiuti e bonifica dei siti inquinati": norme recepi-

te anche per gli interventi per il superamento dell'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella Regione Campania (Legge n. 87/2007) e che ispirano anche le "Linee Guida" del "PIANO-PROGRAMMA per l'organizzazione della gestione e smaltimento dei Rifiuti Urbani in autosufficienza dell'Ambito Territoriale Ottimale Provincia di Avellino" (agosto, 2007) e il Piano d'Ambito di Gestione dei Rifiuti della Provincia di Avellino in corso di realizzazione.

Nel 2010, infine, l'Amministrazione Provinciale di Avellino approvava (Del. n. 196/2010) gli "Indirizzi Programmatici per il PTCP" sulla base degli "Studi propedeutici del Preliminare" al PTCP predisposto nel 2004 e recependo: 1) le indicazioni sul quadro economico-sociale riportate nel "Rapporto Ir-

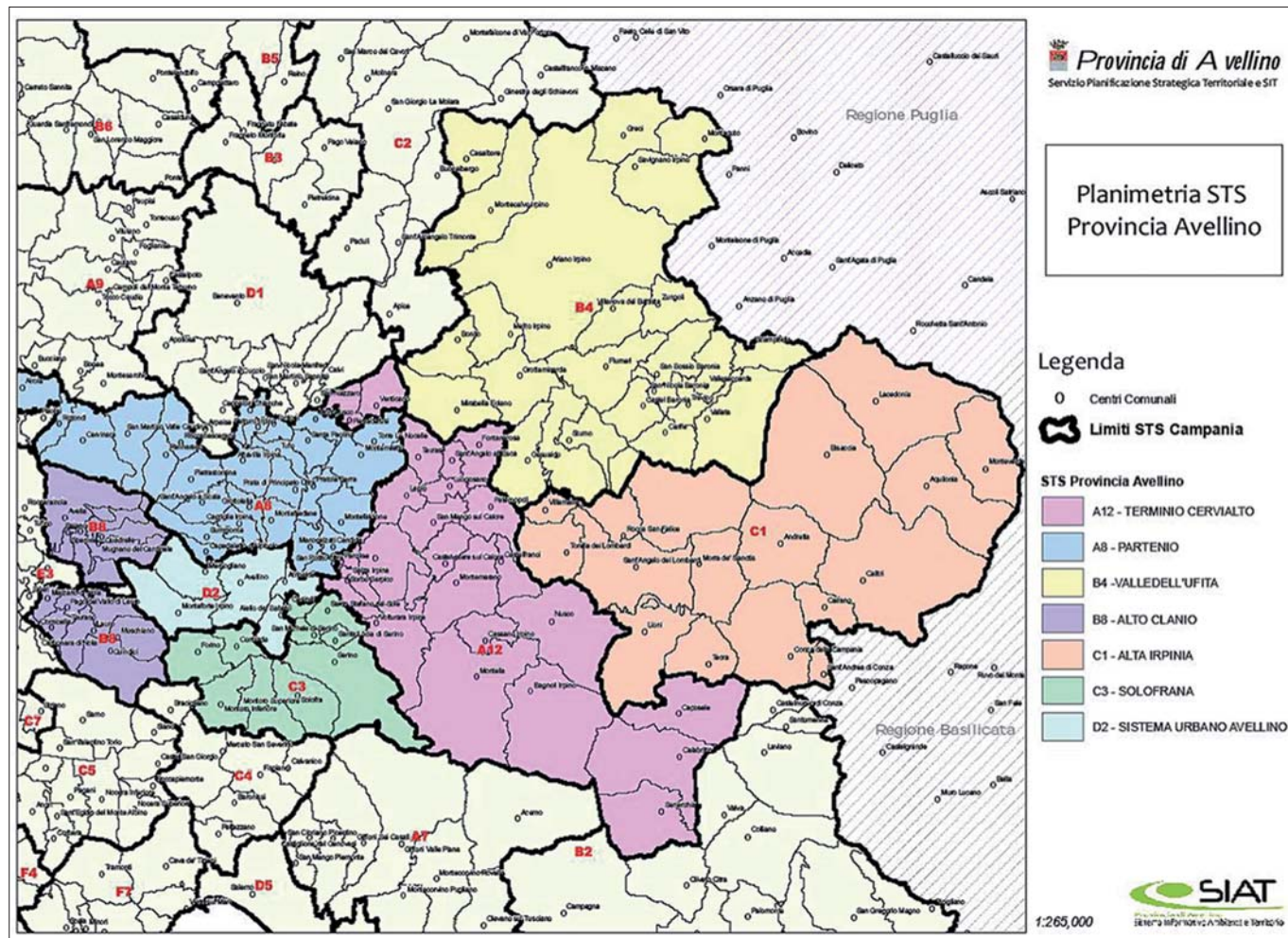


Tavola 1 – I Sistemi Territoriali di Sviluppo della Provincia di Avellino.



Figura 1 – Un aspetto del maturo paesaggio collinare che domina la Valle del Fiume Ufita.

pinia 2010', 2) le indicazioni emerse nelle varie "Conferenze Territoriali per lo sviluppo sostenibile", tenutesi con vari enti e associazioni tra il settembre 2009 e il luglio 2010 e, soprattutto, 3) le "Linee Guida" del PTR che individuano i "Sistemi Territoriali" (ST) e li propongono in sostituzione dei macrosistemi paesistici già individuati dal PTCP.

È con tale premessa e nel quadro di tale normativa che questo studio si inserisce e vuole contribuire a definire la sussistenza di potenziali criticità delle azioni del Piano di Gestione dei Rifiuti della Provincia di Avellino nei confronti dell'ambiente geologico e del paesaggio di due sistemi territoriali prevalentemente collinari.

1. I SISTEMI TERRITORIALI NEL QUADRO DELLA PIANIFICAZIONE AMBIENTALE DEL PAESAGGIO IRPINO

Da quanto premesso risulta di fondamentale importanza che gli atti pianificatori citati abbiano, infine, recepito le norme del "Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio" (D.L. del 22 gennaio 2004, n. 42, noto come "Codice Urbani"), modulato sui contenuti della *Convenzione Europea del Paesaggio* (CEP), sottoscritta a Firenze nel 2000 e approvata in Italia con la Legge n. 14/2006. Infatti, nell'ambito della CEP il paesaggio è inteso come risorsa esaltandone i principi di tutela, valorizzazione e conservazione. In tal modo, ai fini della pianificazione territoriale, risultano importanti anche i paesaggi della "vita quotidiana" e quelli in preda al degrado perché anche questi rispondono a «...funzioni di interesse generale, sul piano culturale, ecologico, ambientale e sociale e costituiscono risorsa favorevole alle attività economiche.» (CEP, 2000).

Raggruppati per macro-tipologie di paesaggi (Provincia di Avellino, 2010), i Sistemi Territoriali di Sviluppo individuati nel territorio irpino (Tav. I) sono in numero di 7, di questi ai fini del presente studio si descrivono le caratteristiche di quelli che rappresentano la porzione orientale del territorio irpino: il Sistema Territoriale "Valle dell'Ufita" (B4) e il Sistema Territoriale "Alta Irpinia" (C1).

Atali Sistemi, ai sensi della L.R. 16/2004, sono associate caratteristiche naturali, culturali, paesaggistico-ambientali, geologiche, rurali, antropiche e storiche volte ad assicurare: a) la tutela e la valorizzazione dei beni ambientali e culturali presenti; b) l'incentivazione alla conservazione, recupero e riqualificazione degli insediamenti esistenti. Inoltre, per quanto affermato nel Preliminare al PTCP del 2010, in ciascun Sistema devono essere individuati e definiti limiti e condizioni per la trasformazione del territorio nonché precise opzioni e strategie di sviluppo dello stesso ovvero di evidenziare le «...possibili traiettorie di evoluzione del Sistema, all'interno di un quadro di mutua compatibilità tra attività antropiche e dinamiche naturali.». Per queste ultime, particolare attenzione viene posta alla prevenzione dei rischi derivanti da calamità naturali che in un territorio come quello irpino si caratterizzano con vari e diffusi scenari di rischio per il quale una serie di dettati normativi tendono a promuovere la compatibilità dei nuovi insediamenti e a mitigarne i livelli di vulnerabilità.

Nel complesso, i vari Sistemi territoriali (ST) evidenziano la centralità di alcuni tratti connotativi del paesaggio irpino attraverso le seguenti componenti:

- **naturale** - vista la diffusa «...presenza di aree di elevato valore ambientale riconosciute dal Progetto Natura 2000, Siti di Interesse Comunitario (SIC), Zone di Protezione Speciale (ZPS) e Parchi regionali in cui la biodiversità assume un ruolo preponderante.» (Provincia di Avellino, 2010) ed altrettanto varia e significativa appare la geodiversità, spesso più sviluppata della biodiversità, in un settore della Catena appenninica di particolare rilievo per la storia geologica dell'Italia Meridionale;
- **culturale** - poiché intimamente legata «...all'esistenza di aree storicamente rilevanti che rappresentano un notevole patrimonio di storia, arte, cultura e religione.» (Provincia di Avellino, 2010);

- **rurale** - quale tratto essenziale dell'antica civiltà irpina, ricca di testimonianze archeologiche e antropologiche, di ritualità connesse alla cultura immateriale e degli antichi mestieri.

1.1 IL SISTEMA TERRITORIALE "VALLE DELL'UFITA"

Il Fiume Ufita, tributario del Fiume Calore che defluisce quasi totalmente in Provincia di Avellino, per tutti i suoi circa 50 km di percorso si snoda in una tipica valle dissimmetrica caratterizzata da versanti poco acclivi in sinistra orografica, dove affiorano terreni di natura prevalentemente argilloso-marnosa, calcareo-marnosa e argillitica di età terziaria, e più acclivi in destra orografica, caratterizzata dall'affioramento di terreni di natura prevalentemente clastica (argille, sabbie e conglomerati) e di età plio-pleistocenica (Fig. 1). Tale distribuzione geologica (Di Nocera *et al.*, 2006) si riflette in quella insediativa: infatti, in sinistra orografica, gli insediamenti abitativi sono più radi (Guardia Lombardi, Frigento, Grottaminarda, Bonito) e confinati (i nuclei storici) alla sommità dei principali rilievi; in destra orografica, invece, su versanti generalmente esposti a mezzogiorno, gli abitati sfruttano le più stabili litologie conglomeratiche e sabbiose e appaiono decisamente più numerosi.

Lo sviluppo della densa rete idrografica (media 0,6 km/km²), prevalentemente a pattern sub-dendritico, con deviazioni angolari nei settori a più spiccato controllo tettonico, e il regime prevalentemente torrentizio dei corsi d'acqua, hanno condizionato in maniera determinante la vocazione agricola di questo Sistema che vede il predominio del seminativo cerealicolo e del pascolo, spesso transumante, alternati a estese plaghe olivicole di media collina o di fondovalle, o a limitate aree boschive per lo più apicali sui rilievi conglomeratici.

Il mosaico paesaggistico si compone di tre tipologie che attengono alle colture estensive dell'Arianese e di gran parte delle Valli dell'Ufita e del Miscano, a pressione antropica ridotta; alle colture estensive della Baronia, intervallate da diffusa naturalità e da centri arroccati di potenziale valenza turistica e di particolare panoramicità; alle concentrazioni di boschi d'alto fusto al confine con la Daunia (Greci, Savignano, Montaguto).

In questo Sistema, a prevalente dominante rurale-culturale, particolarmente elevata è la pressione antropica nell'Arianese e presso Grottaminarda, localizzate lungo importanti assi viari, che "consuma" territorio a spese delle destinazioni agricole. Altri detrattori paesistici sono i siti di estrazione, attivi e non attivi, gli impianti di estrazione in alveo del Fiume Ufita e le discariche di rifiuti. Prolifera l'eolico sull'intero settore appenninico dauno-



Figura 2 – Un aspetto del paesaggio collinare che domina l'Alta Irpinia.

irpino minacciando seriamente la valorizzazione delle locali biodiversità e del paesaggio dei territori marginali preda del dissesto idrogeologico.

1.2 IL SISTEMA TERRITORIALE ALTA IRPINIA

L'Alta Irpinia, nell'Irpinia orientale, rappresenta per certi versi l'ideale prolungamento del Sistema precedente verso il foggiano e il potentino, con i quali condivide in gran parte il substrato litologico e le dinamiche morfologiche, oltre che ecologiche e quindi paesaggistiche (Fig. 2). Solo nelle sue propaggini più meridionali, e per un piccolo tratto, questo Sistema si connota per la presenza del locale settore dei Monti Picentini, massicci montuosi di rocce carbonatiche di età meso-cenozoica (Di Nocera *et al.*, 2006), che si discosta nettamente, nell'aspetto e nelle dinamiche evolutive, dai rilievi più orientali. Il fattore accomunante di queste porzioni del territorio irpino è l'afferenza al bacino idrografico dell'alto e medio corso del Fiume Ofanto, asta a deflusso adriatico che segna da millenni il confine naturale con la Capitanata e l'Alta Lucania, e dell'alto corso del Fiume Calaggio, a deflusso adriatico, che attraversa in destra orografica i territori dei Comuni di Lacedonia e Bisaccia.

La duplice natura fisiografica del territorio ha indotto altrettante e conseguenti differenze di assetto paesaggistico: particolarmente rilevante è la presenza dei massicci carbonatici in destra orografica dell'Ofanto. Tale connotazione è riconoscibile nelle asperità del rilievo, nell'assetto della rete idrografica e nello sviluppo del carsismo. Sui rilievi montuosi insistono estese coltri boschive a castagni e quercete, nella media montagna, e spettacolari faggete, nelle sezioni apicali. Queste emergenze di alta valenza naturalistica hanno ridotto gli spazi dell'agricoltura a campi aperti, già limitata per motivi pedo-altimetrici, inducendo nelle rare porzioni scoperte il pascolo brado e una ridottissima pressione antropica.

Nel suo insieme, il Sistema Territoriale "Alta Irpinia" possiede, specie ad oriente,

scarse naturalità e riconoscibilità, progressivi abbandoni delle campagne e spopolamento marcato degli insediamenti, di prevalente origine sannitico-romana e medioevale. Le aree urbane di Lioni e Calitri sono segnalate per l'espansione dell'urbanizzato, molte aree di piccola o di media estensione insistono lungo l'asse vallivo del Fiume Ofanto (quella di Conza si trova ai margini di un'oasi di protezione della fauna) o all'interno di aree SIC (Sant'Angelo dei Lombardi).

Altri detrattori paesistici sono costituiti dalle diffuse aree di estrazione, in alcuni casi di fortissimo impatto visivo (Lioni, in vari punti del territorio, in materiali brecciati di natura carbonatica; Calitri, in materiali argillosi; Bisaccia, in materiali calcarei; Sant'Angelo dei Lombardi, in affioramenti conglomeratici).

Anche per questo Sistema, a prevalente dominante rurale-manifatturiera, andrebbero ulteriormente tutelati la biodiversità e gli elementi paesaggistici; potenziato il recupero dei territori marginali e delle emergenze storico-architettoniche in degrado; prevenuti i rischi sismico e idrogeologico; consolidate e potenziate le filiere agricole, del turismo e delle attività produttive a basso impatto ecologico.

2. LE CONDIZIONI VINCOLISTICHE DEL PAESAGGIO IRPINO

Ai fini del presente studio particolare attenzione deve essere dedicata alle condizioni vincolistiche in cui versa il territorio irpino per una corretta applicazione delle esperienze di pianificazione territoriale e ambientale. Il complesso sistema dei vincoli non va inteso, però, alla stregua di semplice strumento di tutela passiva, oltre che di limitazioni allo sviluppo, quanto piuttosto «...come opportunità per la tutela e la valorizzazione della risorsa paesaggio.» (Provincia di Avellino, 2004), oltre a fornire un valido contributo per «...definire occasioni per lo sviluppo di nuove potenzialità.» (Provincia di Avellino, 2010). Tutto ciò deve essere inteso nel rispetto degli obblighi di legge riguardanti i vincoli di esclusione di porzioni di territorio che a vario

titolo sono sottoposte a tutela e degli obiettivi strategici adottati dall'Amministrazione provinciale ai fini della mitigazione dei rischi naturali e antropici e della corretta destinazione d'uso del territorio (Provincia di Avellino, 2010). In tal senso il sistema vincolistico è raggruppato per caratteri tipologici e giuridici simili, in "classi di sensibilità omogenee" (Provincia di Avellino, 2007) funzionali alla eventuale individuazione di aree idonee a ospitare strutture o caratterizzate da «... minore vulnerabilità ambientale.» (Provincia di Avellino, 2007). Di seguito sono elencate e dettagliate le classi di fattori escludenti o condizionanti (*sensu* Provincia di Avellino, 2007) adottate in questo studio.

Classe 1) aree vincolate in funzione dell'Uso del suolo

- Aree sottoposte a vincolo idrogeologico;
- Aree di rispetto di zone boschive;
- Aree agricole di pregio;
- Aree destinate ad usi civici.

Classe 2) aree vincolate in funzione dei caratteri fisici

- Aree poste a quota superiore a 1200 m s.l.m.;
- Aree caratterizzate da particolari condizioni meteorologiche.

Classe 3) aree vincolate per la protezione delle popolazioni da molestie

- Centri abitati e distanza inferiore a 1000 m da essi;
- Distanza da luoghi con funzioni sensibili.

Classe 4) aree vincolate per la protezione di risorse idriche

- Limiti di soggiacenza della falda;
- Fasce di rispetto da pozzi e da sorgenti potabili;
- Aree a vulnerabilità idrogeologica intrinseca;
- Aree di rispetto dai laghi;
- Aree di rispetto dagli assi fluviali.

Classe 5) aree di tutela da dissesti e calamità

- Aree esondabili;
- Aree in frana e in erosione;
- Aree sismiche.

Classe 6) aree di protezione delle risorse naturali

- Parchi regionali;
- Riserve naturali;
- Aree con vincolo paesaggistico;
- Siti di Interesse Comunitario;
- Zone di Protezione Speciale;
- Oasi di protezione della fauna;
- Zone di ripopolamento e cattura faunistica;
- Visibilità del sito.

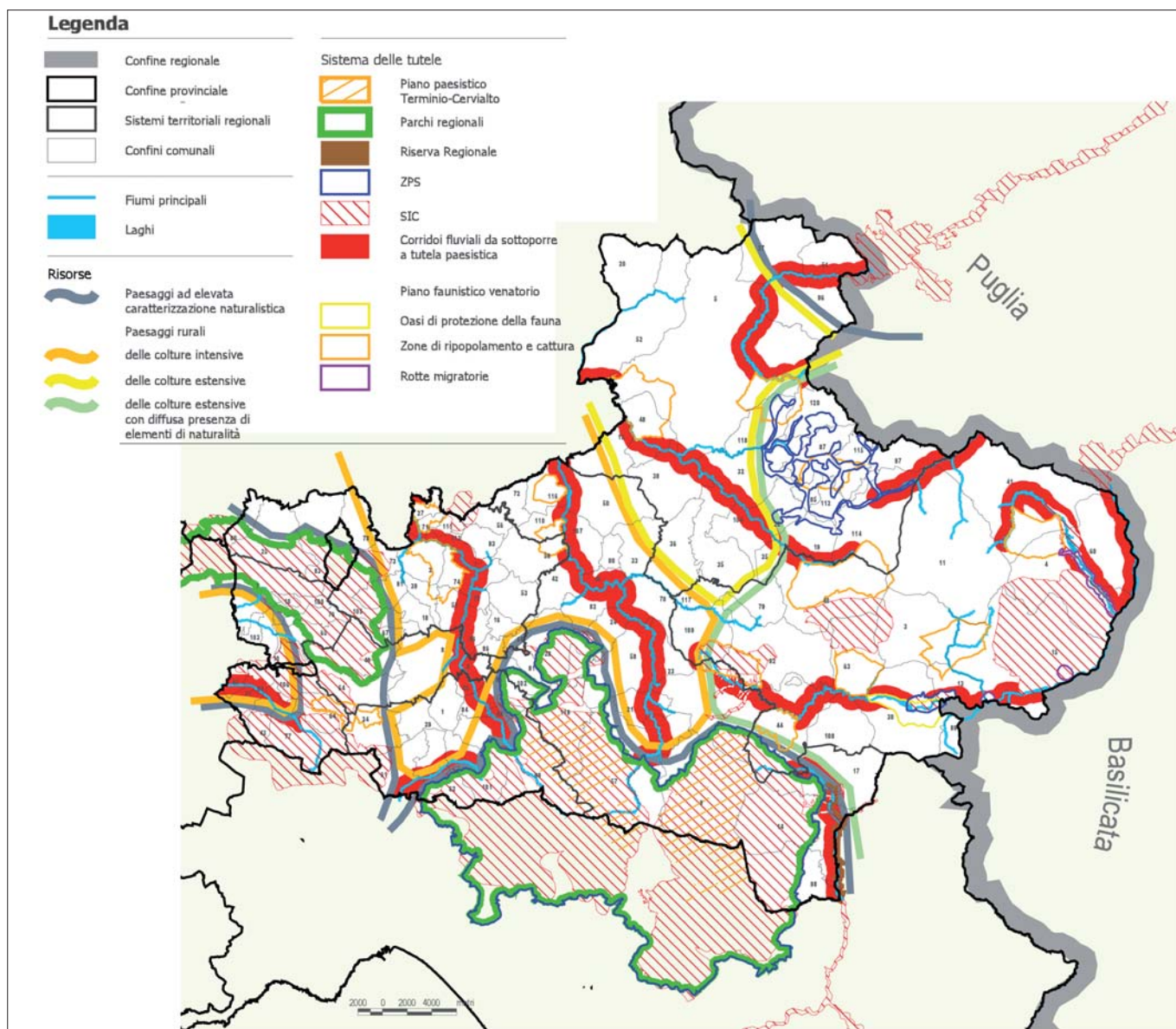


Tavola 2 – Le risorse naturali e paesistiche della Provincia di Avellino (2004).

- Classe 7) aree di protezione di altri beni
- Fasce di rispetto di infrastrutture;
- Fasce di rispetto di beni storici, artistici, archeologici, geologici;
- Aree di tutela paesistica.

3. IL PIANO PROVINCIALE DELLA GESTIONE DEI RIFIUTI URBANI

La Provincia di Avellino ha avviato alla fine del 2008 il processo di elaborazione del Piano d'Ambito per la Gestione dei Rifiuti Urbani (acronimo PPGRU). Tale Piano, sviluppato in piena emergenza regionale e in rispetto delle disposizioni legislative vigenti, pur essendo giunto nella fase di approvazione, ha subito nel corso del 2011 una brusca frenata, in quanto "superato" dallo specifico strumento pianificatorio regionale. Infatti, la Regione Campania nel marzo 2011 ha approvato il Piano Regionale della Gestione dei Rifiuti Urbani, obbligando di fatto le province campane ad adeguare i piani provinciali in via di approvazione o di realizzazione.

Il PPGRU nella versione presa in considerazione in questo lavoro è quello ancora non modificato, in quanto contiene lo stato della situazione provinciale dei rifiuti su cui è stato impostato il sistema di gestione. Nel suo sviluppo esso avrebbe rispettato le finalità indicate dal Testo Unico dell'Ambiente (D. Lgs. 152/2006), ovvero la conformità «... ai principi di precauzione, di prevenzione, di proporzionalità, di responsabilizzazione e di cooperazione di tutti i soggetti coinvolti nella produzione, nella distribuzione, nell'utilizzo e nel consumo di beni da cui originano i rifiuti, nel rispetto dei principi dell'ordinamento nazionale e comunitario, con particolare riferimento al principio comunitario "chi inquina paga". A tal fine la gestione dei rifiuti è effettuata secondo criteri di efficacia, efficienza, economicità e trasparenza.».

Più specificamente, gli obiettivi fondamentali, definiti nel PPGRU, in accordo con le priorità d'intervento fissate dalla Regione Campania, possono così sintetizzarsi:

1. riduzione della quantità e pericolosità dei rifiuti prodotti;
2. potenziamento della raccolta differenziata in linea con gli obiettivi previsti dal legislatore nazionale;
3. contenimento dei costi di gestione;
4. conseguimento di migliori prestazioni energetico-ambientali;
5. completamento e valorizzazione del parco impiantistico che sia efficiente, dotato delle migliori tecnologie disponibili, teso a garantire l'autosufficienza impiantistica.

Per il raggiungimento di tali obiettivi nel piano sono riportate una serie di misure e di interventi, dei quali si prenderanno in considerazione soprattutto quelle che interessano il settore orientale della Provincia di Avellino. In tale settore, che si estende su di una superficie pari a circa 1476 kmq sui 2792 kmq dell'intera provincia di Avellino, insistono 40 piccoli centri urbani dei 119 totali, di cui solo 5 superano i 5000 abitanti. La produzione dei rifiuti relativa al 2008

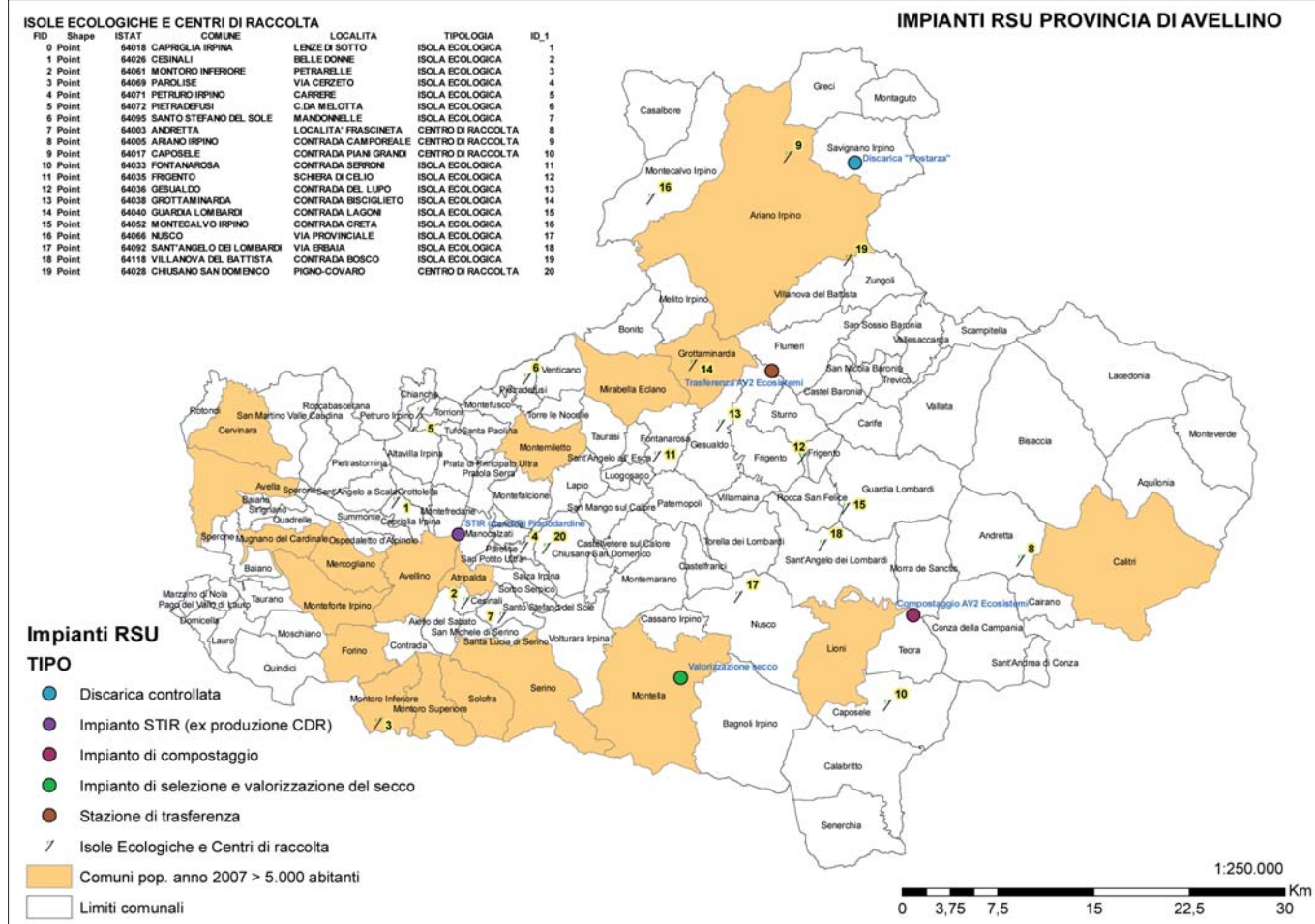


Tavola 3 – Gli impianti RSU della Provincia di Avellino (Provincia di Avellino, 2010)

raggiungeva per i 40 comuni del settore orientale quasi 38.000.000 kg/anno contro gli oltre 91.000.000 kg/anno del resto della provincia. Bisogna altresì aggiungere che la distribuzione nel settore orientale è alquanto diseguale, in quanto concentrata soprattutto nei comuni più popolosi o in quelli dove vi sono insediamenti industriali e/o centri commerciali. Inoltre, in questo settore la raccolta differenziata praticata in quasi la metà dei comuni, oltre che superare la media provinciale, si attesta su percentuali molto vicine agli obiettivi previsti per legge.

Pertanto, nel PPGRU pur ritenendo importante ridurre il quantitativo e la pericolosità dei rifiuti, ancora su percentuali significative rispetto a quanto prospettato, e potenziare la raccolta differenziata, concentrando la filiera (raccolta e smaltimento) in un ambito territoriale provinciale, se non addirittura sub-provinciale, al fine anche di contenere i costi di gestione, si è puntato sul completamento e la valorizzazione del parco impiantistico. Tale parco, almeno per l'area considerata, è costituito da una discarica in località Pustarza, nel Comune di Savignano Irpino, molto prossima al confine regionale con la Puglia, da una stazione di trasferimento e di compattazione di Rifiuti Solidi Urbani, situata nel territorio del Comune di Flumeri, presso l'area A.S.I. "Valle Ufita", da un impianto di

compostaggio ubicato presso l'area P.I.P. nel Comune di Teora e da 9 tra centri di raccolta e isole ecologiche sparse in tutto il territorio, ma solo in parte funzionanti. Nonostante talune criticità determinate verso l'ambiente, spesso per il mancato rispetto dei vincoli esistenti, e considerando le implementazioni necessarie, tali impianti potrebbero soddisfare per un arco di almeno un triennio la gestione del rifiuto in Provincia di Avellino. In particolare, vi è coerenza completa con il quantitativo di rifiuto indifferenziato da trasportare in discarica, e parziale con quello da smaltire come frazione umida. A tal fine è stato proposto l'ingrandimento dell'impianto di Teora e la realizzazione di impianti di dimensioni limitate da ubicare in corrispondenza dei centri di raccolta già funzionanti o da riadattare. Questi impianti, oltre che non avere alcuna emissione esterna, consentirebbero di produrre biogas e conseguentemente energia elettrica, soddisfacendo peraltro un altro obiettivo del PPGRU. Quanto fin qui riportato, sia pure brevemente, sarebbe sostenibile dal territorio dell'Irpinia orientale, tuttavia dal Piano specifico regionale emerge la richiesta di poter utilizzare questi impianti ovvero realizzarne di nuovi anche per i rifiuti prodotti dalle altre province campane, e ciò potrebbe innescare una difficoltà sostanziale. Tale difficoltà emergerebbe, in particolare,

se si dovesse individuare un'area idonea per realizzare una discarica in grado di ospitare rifiuti provenienti dall'intera regione. Ciò comporterebbe un carico ambientale notevole per questo territorio, che peraltro non si concentrerebbe solo nell'intorno del sito individuato.

4. LE CONDIZIONI DI CRITICITÀ DEL PAESAGGIO IRPINO IN FUNZIONE DELLA LOCALIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI DI GESTIONE DEI RIFIUTI

L'analisi paesaggistica e il complesso della vincolistica esaminati hanno evidenziato la presenza di potenziali criticità nei confronti delle azioni del Piano provinciale di localizzazione degli impianti (già esistenti o di progetto) di gestione dei rifiuti (Tav. III). Si tratta praticamente di speciali interazioni tra impiantistica e componenti del paesaggio in grado di provocare situazioni di pericolosità o di rischio di fatto o potenziale ovvero di determinare situazioni di squilibrio nelle componenti paesaggistico-ambientali della Provincia. Di seguito sono elencate le infrastrutture impiantistiche rilevate e le criticità che determinano nel territorio esaminato.

4.1 DISCARICA RSU

L'attuale discarica, non rientra in aree pericolose per frana e neppure per esondazioni,

e rispetta la distanza da sorgenti e pozzi di approvvigionamento idropotabile, agricolo e industriale. Inoltre, il sito risulta, in ossequio al vincolo previsto dal D. Lgs. 36/2003 che recepisce la Direttiva Discariche 1999/31/CE, ubicato in un'area caratterizzata da un grado di vulnerabilità molto basso coerente con la presenza diffusa, nell'area in questione, del complesso argilloso caratterizzato da un grado di permeabilità relativa per porosità piuttosto basso (Aquino *et al.*, 2006). Invece, la sua funzione contrasta con l'area di particolare pregio naturalistico (Geositi del Gesso: Di Lisio *et al.*, 2011) e antropologico (rete tratturale: De Piano, 2007) con paesaggi agrari a colture estensive, che pur non essendo considerati di pregio, sono estremamente significativi per l'economia locale.

4.2 STAZIONE DI TRASFERENZA

Tale stazione di trasferta e di compattezza di RSU è, invece, a ridosso del Fiume Ufita, violando sia il vincolo che sottopone questo corridoio a tutela paesistica sia quello che la considera ubicata in un'area esondabile. Inoltre, il sito potrebbe essere interessato da fenomeni franosi, in quanto collocato in un'area suscettibile a frane (Provincia di Avellino, 2004). Infine, si trova vicino a numerosi pozzi per uso agricolo e industriale, ed è in una zona caratterizzata da un grado di vulnerabilità elevato, poiché sorge su di un acquifero con elevata permeabilità per porosità (Aquino *et al.*, 2006).

4.3 IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO

Il sito per la gestione della frazione umida è ubicato in una zona di scarso pregio paesaggistico, ma entro la fascia di rispetto del Fiume Ofanto e quindi in un corridoio fluviale sottoposto a tutela paesistica. Esso si colloca, altresì, in una zona caratterizzata da un grado di vulnerabilità molto elevato, attesa la natura dei terreni costituenti l'acquifero (Aquino *et al.*, 2006). Infine, il sito è in prossimità dell'Oasi naturalistica protetta di Conza della Campania, a breve distanza dalla Zona di ripopolamento e cattura di Morra De Sanctis e dista pochi chilometri dalle aree SIC dei Boschi di Guardia Lombardi e Andretta.

4.4 ISOLE ECOLOGICHE / CENTRI DI RACCOLTA

Le isole ecologiche e i centri di raccolta rappresentano infrastrutture impiantistiche a sostegno della filiera del recupero di materia, assieme agli impianti di selezione e valorizzazione della frazione secca, a quelli di compostaggio e di recupero di rifiuti inerti (Provincia di Avellino, 2007). Le recinzioni di protezione, l'opportuna schermatura visiva e la possibilità di accesso in orari prestabiliti, alla presenza di personale specifico, rendono altamente opportune queste soluzioni anche

in chiave sovracomunale. La loro collocazione nel territorio è generalmente positiva, grazie alla natura e alla tipologia costruttiva degli impianti, anche nel caso in cui venissero implementati con "mini-impianti" per il trattamento della frazione umida. Attualmente risultano attivi solo alcuni impianti di quelli previsti, in quanto la maggior parte hanno in corso interventi di adeguamento.

In linea generale, le criticità riscontrate nelle interazioni tra impianti e assetti paesaggistico-ambientali potrebbero inficiare:

- la complessità e l'armonia del mosaico paesaggistico, specie in ambiti di elevato valore che sono diffusamente presenti in Provincia di Avellino;
- la frammentazione ecologica e la vulnerabilità degli ecosistemi nonché di aree sottoposte a tutela.

Inoltre, appare evidente la necessità di un riequilibrio territoriale nella localizzazione degli impianti, che ad oggi comportano notevoli spostamenti di mezzi e risorse nei conferimenti, con grosso danno per la rete connettiva viaria, le forme di inquinamento e gli sprechi economici. Tali condizioni sarebbero ulteriormente aggravate se si dovesse considerare quanto indicato dal Piano Regionale per la Gestione dei Rifiuti Urbani, per l'ubicazione di una nuova discarica. Infatti, il suddetto Piano, in base al vincolo previsto dal D. Lgs. 36/2003, ritiene che i terreni diffusi nell'Irpinia orientale possano soddisfare il vincolo cogente della barriera geologica. Tuttavia, si fa rilevare come questo territorio sia soggetto a fenomeni franosi, nonché classificato tra le aree a maggiore pericolosità sismica della penisola italiana. Infine, per quanto concerne la valutazione di eventuali nuovi impianti per la gestione della frazione umida, già avanzata da altri Comuni, non si può prescindere da una valutazione delle condizioni limitanti, nuove e già emerse in questo quadro, in una logica di tutela/conservazione dei beni e della normativa imposta dalla L.R. 13/2008. Da questo punto di vista la vincolistica deve essere intesa non come strumento di coercizione ma piuttosto come opportunità per la tutela e la valorizzazione della risorsa paesaggio finalizzata ad una preventiva politica di mitigazione dei rischi.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'attuazione di uno strumento pianificatorio, quale il Piano della Gestione dei Rifiuti Urbani della Provincia di Avellino, dovrebbe assicurare la piena integrazione delle pertinenti considerazioni ambientali con quelle economiche sociali e politiche, in modo da promuovere lo sviluppo sostenibile di quel territorio. Tuttavia, da questo studio emerge che alcuni degli interventi previsti nel Piano sembrano poter compromettere questa inte-

grazione. In particolare, ciò emergerebbe sia dall'ubicazione degli impianti in aree vincolate o prossime ad esserlo (ad esempio, aree di rispetto fluviale, vincoli idrogeologici, vulnerabilità idrogeologica intrinseca, corridoi ecologici, ecc.) sia dalla fragilità geologica intrinseca del territorio che muta di aspetto velocemente a causa dei processi erosivi particolarmente incisivi (Russo & Sisto, 2009). Quest'ultimo aspetto determina effetti non solo in corrispondenza degli impianti, ma anche sulle opere antropiche (viabilità ordinaria, infrastrutture, ecc.) funzionali alla gestione dei rifiuti. Infine, non sono da trascurare le stesse condizioni geomorfologiche del territorio che impongono forti penalizzazioni proprio in caso di eventi sismici.

Comunque, questi aspetti tipici del paesaggio irpino non possono essere considerati un limite allo sviluppo, ma vanno considerati come un'opportunità per la tutela e la valorizzazione della risorsa paesaggio. Infatti, essi possono fornire un valido contributo per definire occasioni per lo sviluppo di nuove potenzialità, nonché indirizzare le scelte pianificatorie ad una preventiva politica di mitigazione del rischio, di minore vulnerabilità ambientale e di una corretta destinazione d'uso del territorio, ottemperando agli obblighi di legge per le aree a vario titolo sottoposte a tutela.

BIBLIOGRAFIA

- AQUINO S., ALLOCCA V., ESPOSITO L. & CELICO P. (2006) - *Risorse Idriche della Provincia di Avellino (Appennino meridionale, Italia)*. Arti Grafiche Cinque s.r.l., Avellino.
- DE PIANO A. (2007) - Il tratto campano del Regio Tratturo. On line URL: www.conform.it
- DI LISIO A., RUSSO F. & SISTO M. (2011) - *La via del Gesso. Proposta di itinerario geoturistico alla scoperta delle evaporiti del Messiniano in Irpinia (Campania)*. Geologia dell'Ambiente, suppl. al n. 2, 411-419.
- DI NOCERA S., MATANO F., PESCATORE T.S., PINTO F., QUARANTIELLO R., SENATORE M.R. & TORRE M. (2006) - *Schema geologico del transetto Monti Picentini orientali - Monti della Daunia meridionali: unità stratigrafiche ed evoluzione tettonica del settore esterno dell'Appennino meridionale*. Boll. Soc. Geol. It., 125 (1), 39-58.
- PROVINCIA DI AVELLINO (2004) - *Studi propedeutici al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale*. Provincia di Avellino. De Angelis Editore.
- PROVINCIA DI AVELLINO (2007) - *Piano Programma per l'organizzazione della gestione e smaltimento Rifiuti Urbani in autosufficienza dell'Ambito Territoriale Ottimale*. On line URL: www.provincia.avellino.it
- PROVINCIA DI AVELLINO (2010) - *Preliminare al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale*. On line URL: www.provincia.avellino.it
- RUSSO F. & SISTO M. (2009) - *L'erosione nel territorio dell'Alta Irpinia come esempio di contesa tra ruralità del passato e abbandono presente*. In: Atti del IV Conv. Int. sui Beni Culturali e Territoriali (a cura di P. Persi), Università di Urbino, 271-276.

La **SIGEA** è un'associazione culturale senza fini di lucro, riconosciuta dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare come "associazione di protezione ambientale a carattere nazionale" con decreto 24 maggio 2007 (G.U. n. 127 del 4/6/2007). Agisce per la promozione del ruolo delle Scienze della Terra nella protezione della salute e nella sicurezza dell'uomo, nella salvaguardia della qualità dell'ambiente naturale ed antropizzato e nell'utilizzazione più responsabile del territorio e delle sue risorse.

È aperta non solo ai geologi, bensì a tutte le persone e agli Enti (persone giuridiche) che hanno interesse alla migliore conoscenza e tutela dell'ambiente.

La **SIGEA** è stata costituita nel maggio 1992 a Roma da 19 Soci fondatori (geologi, ingegneri, architetti, geografi) esperti o cultori di Geologia Ambientale; conta oggi più di 800 iscritti.

Possono far parte di **SIGEA**, in qualità di soci, persone fisiche o giuridiche.

Cosa fa SIGEA

- **favorisce** il progresso, la valorizzazione e la diffusione della Geologia Ambientale, mediante gli "eventi" sotto riportati, la rivista trimestrale "Geologia dell'Ambiente" e il sito web;
- **promuove** il coordinamento e la collaborazione interdisciplinare nelle attività conoscitive ed applicative rivolte alla conoscenza e tutela ambientale; per questo scopo ha costituito le Aree tematiche: "Patrimonio Geologico", "Dissesto Idrogeologico", "Gestione delle Coste", "Idrogeologia" (con riferimento anche alle tematiche Bonifica siti inquinati e Geotermia), "Infrastrutture e Territorio";
- **opera** sull'intero territorio nazionale nei settori dell'educazione e divulgazione, della formazione professionale, della ricerca applicata, della protezione civile e in altri settori correlati con le suddette finalità, attivandosi anche mediante le sue Sezioni regionali;
- **organizza** corsi, convegni, escursioni di studio, interventi sui mezzi di comunicazione di massa;
- **svolge attività di divulgazione scientifica** in vari campi d'interesse della Geologia Ambientale, fra cui la conservazione del Patrimonio Geologico: ad esempio, in collaborazione con *ProGEO (European Association for Conservation of Geological Heritage)*, ha organizzato il 2° Symposium internazionale sui geotipi tenutosi a Roma nel maggio 1996 e il 7° Symposium sullo stesso argomento a Bari nel settembre 2012; inoltre è attiva per svolgere studi, censimenti e valorizzazione dei geositi e per creare collaborazioni con altre realtà europee afferenti a ProGEO;
- **svolge attività di formazione:** organizza corsi e convegni di aggiornamento professionale o di divulgazione su tematiche ambientali, quali previsione, prevenzione e riduzione dei rischi geologici, gestione dei rifiuti, bonifica siti contaminati, studi d'impatto ambientale, tutela delle risorse geologiche e del patrimonio geologico, geologia urbana, pianificazione territoriale, pianificazione del paesaggio, contratti di fiume ecc.; inoltre rende disponibili per i soci le pubblicazioni degli Atti dei convegni SIGEA;
- **informa** attraverso il periodico trimestrale "Geologia dell'Ambiente", che approfondisce e diffonde argomenti di carattere tecnico-scientifico su tematiche geoambientali di rilevanza nazionale e internazionale; la rivista è distribuita in abbonamento postale ai soci e a Enti pubblici e privati;
- **interviene** sui mezzi di comunicazione di massa, attraverso propri comunicati stampa, sui problemi attuali che coinvolgono l'ambiente geologico;
- **collabora** con gli Ordini professionali, con il mondo universitario e con altre Associazioni per lo sviluppo delle citate attività, in particolare nella educazione, informazione e formazione ambientale: con CATAP (Coordinamento delle Associazioni Tecnico-scientifiche per l'Ambiente e il Paesaggio) cui SIGEA aderisce, Associazione Idrotecnica Italiana, Federazione Italiana Dottori in Agraria e Forestali, Alta Scuola (Scuola di alta specializzazione e centro studi per la manutenzione e conservazione dei centri storici in territori instabili), Italia Nostra, Legambiente, WWF, ProGEO ecc.



Società Italiana di Geologia Ambientale
Casella Postale 2449 U.P. Roma 158
Tel./fax 06 5943344
E-mail: info@sigeaweb.it
<http://www.sigeaweb.it>