



REGIONE PIEMONTE
PRESIDENZA



**CONSIGLIO
NAZIONALE
DELLE
RICERCHE**

ISTITUTO DI RICERCA PER
LA PROTEZIONE IDROGEOLOGICA
DEL BACINO PADANO - TORINO

BANCA DATI GEOLOGICA

A CURA DEL SETTORE PREVENZIONE
DEL RISCHIO GEOLOGICO, METEREOLOGICO E SISMICO



CONSORZIO PER IL SISTEMA INFORMATIVO
SETTORE TERRITORIO

Il Dott. Geologo Tarcisio Stoppa, iniziatore e primo artefice della costruzione della banca dati geologica, immaturamente e repentinamente stroncato da una malattia il 24 settembre 1988, aveva intrapreso tale iniziativa con dedizione e grande sensibilità scientifica ed umana, ben conscio della importanza e della necessità di rendere agevolmente fruibile le notevoli conoscenze acquisite sul territorio regionale.

Con la presente pubblicazione, a Lui dedicata, si vuole onorare la Sua memoria e ricordare il Suo contributo risultato essenziale per il compimento dell'iniziativa.

Nel presentare la «Banca dati geologica» sento il dovere di ringraziare tutti coloro che con il loro lavoro hanno reso possibile realizzare un'opera frutto di anni e anni di intelligente ricerca.

Desidero certo mettere in evidenza l'attività del «Settore per la prevenzione del rischio geologico, meteorologico e sismico» della Regione Piemonte, che rappresenta oggi una delle realtà più significative del panorama pubblico italiano; desidero anche ringraziare i tecnici del CSI Piemonte che in questi anni hanno ampliato l'utilizzo degli strumenti informatici finalizzati alla prevenzione e alla tutela del territorio; soprattutto desidero ringraziare il CNR, l'Istituto di Ricerca per la protezione idrogeologica del bacino padano diretto dal prof. Govi, per la collaborazione sviluppata ormai da moltissimi anni con la Regione Piemonte e senza la quale non sarebbe oggi possibile dare alla stampa questo volume. Un rapporto, quello tra la Regione e CNR che mi sento di definire esemplare.

A modesto ma lungimirante merito della Regione Piemonte vorrei solo ricordare l'attenzione con cui ha saputo indicare sin dagli anni 70 la necessità di studiare il territorio anche dal punto di vista geologico soprattutto a fini di conoscenza e prevenzione dei rischi naturali.

Con la Banca dati geologica la Regione intende fornire uno strumento conoscitivo a tutti gli operatori del settore sia pubblici che privati, in sostanza, come accade in altri campi, fornire un servizio a tutta la collettività.

Infine questa banca dati vuole essere un contributo metodologico e conoscitivo nel contesto della riorganizzazione dei servizi tecnici nazionali e in particolar modo del Servizio Geologico nell'ambito della legge 183/89 che ha profondamente innovato l'attività statale per la difesa del suolo.

VITTORIO BELTRAMI
Presidente della Regione Piemonte

Il Settore Prevenzione del Rischio Geologico Meteorologico e Sismico, continuatore dell'attività intrapresa nel 1978 dal Servizio Geologico Regionale, ha inteso sviluppare e realizzare, con il contributo informatico del CSI-Piemonte, uno strumento di diffusione ed uso delle notevoli conoscenze derivanti dalla ricerca coordinata dall'Istituto per la Protezione Idrogeologica del Bacino Padova del CNR nel campo della valutazione della pericolosità connessa ad eventi idrologici nella regione piemontese.

L'iniziativa illustrata nella presente pubblicazione rientra in un più vasto programma di monitoraggio e studio intrapreso ormai da anni dalla struttura geologica regionale, dei fenomeni naturali finalizzata alla valutazione quantitativa e qualitativa delle condizioni di pericolosità a cui è sottoposto il territorio con evidenti finalità di pianificazione e gestione territoriale nonché di protezione civile.

In questo contesto assumono particolare rilevanza le reti di monitoraggio meteoidrografica e radar meteorologica, per il controllo delle condizioni meteoclimatiche e delle precipitazioni, nivometrica per il monitoraggio delle nevicate e del rischio di valanghe e sismica per la sorveglianza della sismicità. L'obiettivo di tale sistema è quello di costituire una struttura di servizio in grado di fornire, con tempestività e con il grado di precisione ed accuratezza necessari, informazioni e dati nel campo della previsione e prevenzione dei rischi naturali sia all'interno dell'Amministrazione Regionale, al fine di fornire i necessari parametri conoscitivi per una corretta impostazione delle politiche di settore specie per quanto concerne l'individuazione delle aree dove la pericolosità è maggiore per ricorrenza dei fenomeni o per gravità degli stessi, e sia ad Enti ed Organismi pubblici e ad operatori privati.

In tali processi di valutazione di cause interagenti e di mitigazione degli effetti le conoscenze sulla vulnerabilità del territorio sono fornite dalla banca dati geologica e della documentazione per gli aspetti di conoscenza in essa presenti.

Lo strumento banca dati rappresenta quindi un punto nodale per le conoscenze territoriali che potrà costituire un valido ausilio nelle misure in cui si provvederà ad un suo costante aggiornamento al quale dovranno collaborare tutti gli operatori del settore sia pubblici che privati.

VINCENZO COCCOLO
Direttore del Settore Prevenzione
Rischio Geologico Meteorologico e Sismico

La Banca Dati Geologica è stata realizzata dal Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico avvalendosi della collaborazione del Csi-Piemonte, Settore Territorio. I dati che hanno costituito il supporto conoscitivo su cui strutturare la Banca Dati dei Processi Geologici derivano dalle cartografie tematiche elaborate nell'ambito della ricerca coordinata dal Direttore dell'Istituto per la Protezione Idrologica del Bacino Padano CNR-IRPI, Dr. M. Govi e tesa a valutare la pericolosità connessa ad eventi idrologici nel territorio piemontese.

A questa specifica attività di ricerca hanno partecipato ricercatori e tecnici dell'Istituto stesso, geologi ed ingegneri del Settore per la Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico ed altro personale tecnico assunto dalla Regione Piemonte nell'ambito della legge 285/77 per l'occupazione giovanile.

BANCA DATI GEOLOGICA

Settore per la Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico

Ferruccio Forlati, Tarcisio Stoppa (+)

coordinamento, definizione dei criteri di trattamento ed archiviazione dati, certificazione.

Silvana Raffone

predisposizione selezioni, compilazione ed inserimento schede, trasposizione, controllo e certificazione dati.

Hanno inoltre contribuito per l'individuazione dei criteri di acquisizione ed archiviazione dati nella Banca Dati della Documentazione:

Aliatta Pier Francesco, Piccioni Cinzia, Ramasco Manlio

Susella Gianfranco

Oberti Roberto, Trucco Franca, Ziliani Anna.

Csi-Piemonte

Settore Territorio

Claudio Capitanio, Paolo Foietta

responsabilità del progetto.

Sara Mannoni

acquisizione, editing, restituzione dati.

Marina Grattapaglia

sviluppo moduli software.

Roberto Aluffi

gestione dati in fase di acquisizione e restituzione tabelle.

Francesca Barberio, Sandro Verner

sviluppo Banca Dati dei Processi Geologici.

Rocco Pispico

sistema grafico locale.

RICERCA SUI PROCESSI DI INSTABILITÀ

Giovanni Mortara, Francesco Puma, Manlio Ramasco, PierFranco Sorzana, Susella Gianfranco, Tarcisio Stoppa
instabilità dei versanti: riconoscimento, aggiornamento e controlli sul terreno.

Donatella Aigotti, Vincenzo Bosco, Fulvio Lavazza, Roberto Oberti, Fabio Piovesana

instabilità dei versanti: fotointerpretazione e cartografia.

Donatella Aigotti, Virgilio Anselmo, Stefano Bovo, Vito Debrando, Giovanni Mortara, Domenico Tropeano, Ornella Turitto

dinamica fluviale e processi torrentizi

Ferruccio Forlati, Giovanni Mortara, PierFranco Sorzana, Domenico Tropeano

caratteristiche geolitologiche-strutturali e litotecniche.

Stefano Bovo, Vito Debrando, Ettore Giordano, Renato Massobrio, Giovanni Mortara, Domenico Tropeano, Ornella Turitto

danni ai centri abitati e viabilità: luoghi maggiormente esposti ed analisi di frequenza.

Gelsomina Bernardi, Vincenzo Bosco, Stefano Bovo, Emanuele Brunetti, Alfredina Canevari, Angelo Colasuonno, Vito Debrando, Giovanna Ferrarino, Ettore Giordano, Lorenzo Masoero, Roberto Oberti, Anna Stefani, Ornella Turitto

analisi quantitativa e morfometrica

Ettore Beretta, Roberto Campana, Alfredina Canevari, Franca Cigna, Giovanna Ferrarino, Guido Gennaro, Fausto Giuliano, Giovanni Mortara, Blandine Nader, Roberto Oberti, Domenico Tropeano, Salvatore Zaccuri
raccolta dati pregressi.

Antonietta Assanti, Mary Giuliano, Franco Godone, Speranza Loi, Anna Serafino

archivio dati idrologici.

Silvana Raffone, Edoardo Viola

disegno.

Grazyna Bolan, Guido Gennaro, Renato Massobrio
prove ed analisi di laboratorio.

INDICE

L'AMBITO DEL LAVORO SVOLTO	pag.	16
di Ferruccio Forlati		
I PROCESSI DI INSTABILITÀ NATURALE NELLA REGIONE PIEMONTE	»	17
di Mario Govi		
Analisi dei problemi e metodologia di indagine	»	17
Elaborazione dei dati e cartografie tematiche	»	18
– Instabilità attuale		
– Instabilità pregressa		
– Instabilità potenziale		
Analisi delle cause innescanti	»	23
I parametri per la definizione della pericolosità	»	25
– Meccanismi evolutivi e caratteristiche cinematiche		
– Individuazione dei luoghi esposti a pericolo		
– Ripetitività e frequenza degli eventi		
Parametri per una stima del rischio e condizionamenti connessi alla presenza antropica	»	30
Considerazioni conclusive	»	32
Bibliografia	»	33
LA BANCA DATI GEOLOGICA	»	35
di Paolo Fioletta e Ferruccio Forlati		
Banca dati dei processi geologici: formazione della base informativa cartografica numerica	»	36
– Elaborazione di una metodologia per l'acquisizione ed il caricamento delle informazioni contenute nelle carte dei processi geologici connessi agli eventi idrometeorologici, definizione dei criteri inerenti la costituzione del sistema informativo cartografico numerico e della Banca Dati Geologica		
– Ridisegno dei singoli temi utilizzando il taglio I.G.M. 1:100.000 per selezioni distinte e codifica dei singoli elementi territoriali		
– Individuazione delle congruenze geometriche con i temi preesistenti del sistema Informativo Territoriale Ambientale		
– Acquisizione degli elementi territoriali tramite digitalizzazione manuale per singolo foglio I.G.M.		
– Verifica delle geometrie, verifica del codice dei singoli elementi territoriali, verifica delle congruenze geometriche con altri temi del sistema Informativo Territoriale Ambientale		
– Strutturazione della base numerica da foglio I.G.M. a totale Regione		
– Predisposizione tabelle tematiche (per elemento territoriale)		
– Verifica delle tematiche e confronto logico con le informazioni contenute nella Banca Dati Geologica		
– Strutturazione dei dati cartografici del sistema locale per la rappresentazione tematica		
– Produzione presso il Csi-Piemonte delle carte tematiche finali ed organizzazione del servizio nastroteca		
– Produzione di bilanci tabellari per unità amministrativa (comune) e bacino idrografico e caricamento delle informazioni prodotte nella Banca Dati Geologica (GEOS)		
Banca dati dei processi geologici: il contenuto della base informativa cartografica numerica	»	42
– Processi lungo i versanti		
Frane cartografabili		
Frane non cartografabili		
Crolli		
Aree vulnerabili da frane per fluidificazione dei suoli		
– Processi lungo la rete idrografica		
Aree inondabili		
Tributari minori: frequenza dei fenomeni di trasporto in massa		
Conoidi potenzialmente attivi		
Portate		
– Caratteristiche della rete idrografica		
– Danni alle principali infrastrutture viarie ed ai centri abitati		
Danni ai centri abitati		
Danni alla rete viaria		
Danni ai ponti		
– Litologia		
– Bacini idrografici		
Banca dati dei processi geologici: funzioni di accesso, integrazione ed aggiornamento della base dati prodotta	»	47
– Data Entry		
– Interrogazione		
– Produzione elaborati		
– Inserimento nel sistema Informativo Territoriale Ambientale		
– Interrogazione cartografica e rappresentazione dei dati relativi ai processi geologici		

Banca dati della documentazione: il contenuto della base informativa	pag. 48
– Testi e monografie	
– Studi particolari	
– Pratiche amministrative	
– Articoli di riviste	
– Aero-fotografie	
– Materiale fotografico	
Banca dati della documentazione: caricamento e gestione dei dati prodotti nell'ambito delle attività svolte dal Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico	» 50
– Catalogazione e classificazione	
– Funzioni di utilità	
– Ricerca	
RESTITUZIONI CARTOGRAFICHE PRODOTTE: ESEMPI E NOTE ILLUSTRATIVE	» 53
di Ferruccio Forlati	
La carta tematica delle frane	» 53
– Frane con meccanismi di vario tipo spesso combinati (ambiente caratteristico: Alpi)	
– Deformazioni gravitative profonde (ambiente caratteristico: Alpi)	
– Crolli	
– Frane con meccanismo di movimento prevalente di tipo traslativo (ambiente caratteristico: Langhe)	
– Frane prevalentemente composite con meccanismi combinati per movimenti di tipo rotazionale passanti a colate (ambiente caratteristico: Astigiano)	
– Frane con meccanismo di movimento prevalentemente per colata (ambiente caratteristico: Val Borbera)	
La carta tematica dei settori di versante vulnerabili da fenomeni franosi per fluidificazione dei terreni della copertura superficiale	» 68
La carta tematica degli alveo-tipi e delle massime portate misurate o indirettamente valutate	» 72
La carta tematica delle conoidi potenzialmente attive e della frequenza dei fenomeni di trasporto in massa connessi all'attività torrentizia nei tributari minori	» 75
La carta tematica delle aree inondabili	» 79
La carta tematica dei danni alla rete viaria ed ai ponti	» 83
La carta tematica dei danni ai centri abitati	» 86
La carta tematica delle unità litologiche	» 89
PUNTUALIZZAZIONI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	» 93
di Ferruccio Forlati	

Abstract

From November 1978 the Turin "Institute for Hydrologic Protection of Po Basin" (Istituto per la Protezione Idrologica del Bacino Padano - IRPI) started a research aimed at evaluating the danger linked to hydrologic events in the Piedmont region. In this work, for some specific subjects, has taken part also a group of geologists made up of personnel of the Regional Geologic Service - now Sector for the Prevention of Geologic, Meteorologic and Seismic Risk, and of personnel engaged in accordance with the Law n. 285 for the youth employment.

Many information of geologic kind concerning the whole regional territory have been analyzed in a systematic way, recorded and represented as different thematic maps, preliminarily presented at the Meeting "Geologic Risk and Territorial Planning" held in Turin on May 16, 1980.

This considerable amount of data, obtained with different methodologies and updated for some themes up to 1984, has made up the knowledge basis to start an action related to the implementation of a cartographical and tabel data bank with the following goals:

- to give a support to the regional control activity for the apsects related to the evaluation of the danger connected to hydrologic events;
- to make usable and known the collected data;
- to allow a continuous updating of data.

Therefore the "Data Bank project" ensues principally from the need to make available to the technical and scientific community the existing geologic information result of a long and industrious specific experience, so that it can be used under the best conditions and give a sufficiently exhaustive picture of the whole regional territory physical constraints.

Without going into details about the complex phases in which this work is divided, we can synthetically say that it was an operation of the highest disaggregation of information included in the different carthographic documents and of the highest georeferencing with regard to the administrative and physio-geographic limits (town, basin, river, residential area and so on), givin to each single process an univocal identification code.

In parallel to the data bank, which we could define of the "Geologic Processes" (B.D.P.G.), and with the possibility of an information transfer, the Data Bank of Documentation (B.D.D.) has been established, starting from the files of the Sector for the Prevention of Geologic, Meteorologic and Seismic Risk.

B.D.D. is therefore born with a double aim: on the one hand it is tool to order, classify and utilize in the best way all the scientific and historical material (magazine articles, papers and interior studies, texts, monographs, photographic material, air-photos, and so on) present in the Sector's files, on the other hand it is an updating and integration tool of data existing in the Geologic Processes Data Bank.

Benefits offered by the operations of information disaggregation and their filing in a data bank are essentially:

- the possibility of making rapidly complex data analysis through aggregations, associations and simultaneous comparisons of the different existing information;
- the possibility of systematic collection and organic presentation of the informazion as tables (besides of the cartographic output);
- the possibility of using different utilities of updating, modification, inquiry for a more consistent management and a more severe treatment of the collected information.

With the intention of giving useful explanations on the correct use of the data bank "tool", is has been thought specify in detail (sometimes coming very close to the "obvious" for the experts), the context and the phases of the work done, explaining the methodology, the processing criteria and the connected limits, so to be able to value the right importance of the collected information.

The publication has been organized in two different parts:

- the first describes the criteria for the realization of the thematic maps processed within the study related to the evaluation of the danger connected to hydrologic events;
- the second analyzes the criteria which support the informatic transposition of data, with a detailed description of the data bank and filing procedures structure.

Moreover, a wide space has been devoted in the appendix to the illustrative aspects, producing for every single theme treated some significant cartographic outputs accompanied by systematic explanations of the contents and exhaustive descriptions of the geological processes represented.

L'ambito del lavoro svolto

FERRUCCIO FORLATI

*Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico
Regione Piemonte, Torino*

A partire dal novembre 1978 l'Istituto per la Protezione Idrologica del Bacino Padano (IRPI) di Torino ha avviato una ricerca tesa a valutare la pericolosità connessa ad eventi idrologici nella regione piemontese, a cui ha partecipato, per alcuni tempi specifici, anche un gruppo di geologi costituito da personale del servizio Geologico Regionale, ora Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico, e da personale assunto nell'ambito della legge 285 per l'occupazione giovanile. Numerose informazioni a valenza geologica ed idrologica afferenti all'intero territorio regionale sono state analizzate in modo sistematico, registrate e rappresentate sotto forma di differenti carte tematiche, presentate, in veste preliminare al convegno "Rischio Geologico e Pianificazione Territoriale" tenutosi a Torino il 16 maggio 1980.

Questa considerevole mole di dati, ricavata con diverse metodologie ed aggiornata per alcune tematiche sino all'anno 1984, ha costituito il substrato conoscitivo per avviare un'iniziativa connessa alla realizzazione di una banca dati cartografica e tabellare avente i seguenti obiettivi:

- offrire un supporto all'attività di controllo regionale per gli aspetti legati alla valutazione della pericolosità connessa ad eventi idrologici;
- rendere fruibili e diffondere i dati raccolti;
- consentire un aggiornamento continuo dei dati.

Il "progetto Banca Dati" deriva quindi principalmente dall'esigenza di mettere a disposizione della comunità tecnica e scientifica l'informazione geologica esistente, frutto di un'esperienza specifica lunga e laboriosa affinché possa essere utilizzata nelle migliori condizioni fornendo un quadro sufficientemente esauriente dei vincoli di natura fisica dell'intero territorio regionale.

Senza entrare nel dettaglio, delle complesse fasi in cui si è articolato il lavoro, in sintesi, si è trattato di una operazione di disaggregazione massima delle informazioni contenute nei diversi elaborati cartografici e di massima georeferenziazione rispetto ai limiti amministrativi e fisiogeografici (Comune, bacino, fiume, centro abitato e talora località), attribuendo ad ogni singolo processo un codice univoco di riconoscimento.

Parallelamente alla banca dati geologica, che potremmo definire dei "processi geologici" (B.D.P.G.), e con la possibilità di un travaso di informazioni, è stata costituita a partire dagli archivi del Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico la Banca Dati della Documentazione (B.D.D.).

La B.D.D. nasce, quindi, con una duplice finalità; da un lato si configura come uno strumento per ordinare, classificare ed utilizzare al meglio tutto il materiale scientifico e storico (articoli di riviste, relazioni e studi interni, testi, monografie, materiale fotografico, foto aeree, ecc.) presente negli archivi del Settore, dall'altro come uno strumento di aggiornamento ed integrazione dei dati contenuti nella Banca Dati dei Processi Geologici.

I vantaggi offerti dalle operazioni di disaggregazione delle informazioni e loro archiviazione in una banca dati risiedono essenzialmente nella:

- possibilità di effettuare in tempi brevi analisi complesse di dati attraverso aggregazioni, associazioni e confronti simultanei delle differenti informazioni contenute;
- possibilità di raccolta sistematica e presentazione organica delle informazioni sotto forma tabellare (oltre alla restituzione cartografica);
- possibilità di fruire di differenti funzioni di aggiornamento, modifica, interrogazione per una più adeguata gestione e per un più rigoroso trattamento delle informazioni raccolte.

Con l'intento di fornire utili chiarimenti sul corretto impiego dello "strumento" banca dati, si è pensato di specificare nel dettaglio (talora sfiorando anche lo "scontato" per gli addetti ai lavori), l'ambito e le fasi del lavoro svolto, illustrandone la metodologia, i criteri di elaborazione dati ed i limiti connessi, in modo da poter adeguatamente valutare il peso delle informazioni raccolte.

La pubblicazione è stata organizzata in due differenti articolazioni:

- nella prima vengono descritti i criteri posti alla base della realizzazione delle carte tematiche elaborate in seno allo studio inerente la valutazione della pericolosità connessa ad eventi idrologici;
- nella seconda vengono analizzati i criteri di supporto alla trasposizione informatica dei dati, descrivendo nel dettaglio la struttura della banca dati e le procedure di archiviazione.

Ampio spazio viene inoltre dedicato agli aspetti esemplificativi, presentando per ogni singola tematica trattata alcune restituzioni cartografiche significative accompagnate da sistematiche spiegazioni dei contenuti ed esaurienti descrizioni dei processi geologici rappresentati.

I processi d'instabilità naturale nella Regione Piemonte

MARIO GOVI

Istituto Ricerca Protezione Idrogeologica Bacino Padano, Torino

La diffusa lacuna conoscitiva esistente in molte regioni italiane in merito ad una precisa individuazione delle aree esposte a pericolo di frane ed esondazioni fluviali, non solo costituisce motivo d'incertezza nella scelta degli interventi di sistemazione e difesa da attuare con priorità, ma risulta altresì condizionante negli studi di pianificazione territoriale dedicati ad espansioni urbane e a nuove proposte localizzative.

Al fine di colmare tale lacuna nel territorio di sua competenza, la Regione Piemonte avviava nel 1978 un rapporto collaborativo con l'Istituto del CNR per la Protezione Idrogeologica nel Bacino Padano, che si impegnava a promuovere e coordinare una serie di ricerche per la cartografia sistematica dei fenomeni d'instabilità nell'intero territorio regionale.

Tale esigenza era particolarmente sentita e sollecitata dall'Assessorato alla Pianificazione Territoriale, che poneva in evidenza come ogni atto pianificatorio non possa prescindere da una preventiva analisi delle interazioni tra processi evolutivi naturali e linee di evoluzione del sistema socio-economico (Rivalta 1978). La produzione di un quadro conoscitivo di sintesi riguardanti i pericoli di natura geologica ed idraulica in tutta la regione piemontese, appariva indifferibile, tenuto conto anche dei gravi danni provocati dagli eventi alluvionali che nel maggio 1977 avevano colpito le Valli Pellice e Chisone, nell'ottobre del medesimo anno i bacini dell'Alessandri meridionale e nell'agosto del 1978 la Val d'Ossola.

Le attività di rilevamento, ricerca e selezione dei vari dati, inerenti le condizioni geologiche, morfometriche, idrologiche, idrografiche e vegetazionali hanno richiesto apporti interdisciplinari e lunghi tempi, in parte per l'addestramento del personale e soprattutto per l'interpretazione, la sintesi e la rappresentazione cartografica delle informazioni. Al lavoro hanno partecipato ricercatori e tecnici dell'Istituto CNR per la Protezione Idrogeologica nel Bacino Padano, geologi ed ingegneri del Settore per la Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico ed altro personale tecnico assunto dalla Regione Piemonte nell'ambito della legge 285/77 per l'occupazione giovanile.

Analisi dei problemi e metodologie d'indagine

I fenomeni d'instabilità presi in considerazione sono prevalentemente quelli che si manifestano attraverso

pulsazioni più o meno intense, sotto l'azione delle quali viene modificato l'assetto morfologico precedente e si creano nuove condizioni di equilibrio dinamico, raggiunte soprattutto attraverso movimenti di materiali rocciosi e traslazione di volumi idrici, spesso in miscele solido-liquide, nelle quali le due componenti sono variamente rappresentate.

Esperienze recenti e del passato pongono chiaramente in evidenza che la difesa da questi processi, la tutela della pubblica incolumità e delle risorse ambientali devono fondare su un quadro di conoscenza che ponga in evidenza non solo i fenomeni in atto, ma fornisca anche gli elementi necessari ad una previsione di quelli potenziali, onde prevenirli adottando opportune strategie d'intervento che, secondo le diverse situazioni saranno finalizzate a:

- rimuovere le cause che generano il pericolo ed impedire quindi che un determinato fenomeno si verifichi;
- realizzare sistemi difensivi capaci di controllare lo sviluppo dei fenomeni annullandone od attenuandone gli effetti più gravi;
- imporre vincoli o limitazioni d'uso del territorio onde evitare la proliferazione di nuove situazioni di potenziale pericolo.

Considerare l'eventualità dei processi ed esaminare i possibili effetti significa, per usare una terminologia ormai di uso corrente, valutare la pericolosità ed il rischio presenti in una determinata area.

Secondo la più recente letteratura internazionale (Tung & Mays 1981, U.S. Geol. Survey 1982, Proje Dut 1983, Canceill 1983, Haymes 1984, Varnes 1984, Hartlen & Viberg 1988, Einstein 1988), il rischio geologico è definito dalla probabilità che un determinato evento naturale si verifichi, incidendo sull'ambiente fisico in modo tale da recare danno all'uomo ed alle sue attività.

La valutazione in termini probabilistici dell'instabilità potenziale, indipendentemente dalla presenza antropica, definisce invece il grado di pericolosità di una certa area in funzione della tipologia, della quantità e della frequenza dei processi che vi si possono innescare. La pericolosità, dunque, si traduce in rischio non appena gli effetti dei fenomeni naturali implicano un costo socio-economico da valutarsi in relazione all'indice di valore attribuibile a ciascuna unità territoriale. Tale mi-

sura di valore socio-economico integra i parametri indicatori dei processi naturali nella determinazione dei diversi livelli di rischio.

Questi criteri di valutazione derivano fondamentalmente da una generalizzazione di procedure specificatamente adottate da vari paesi in zone sismiche ed in aree inondabili, soprattutto per rispondere ad esigenze conoscitive previsionali nel campo assicurativo e progettuale. Si tratta dunque di indagini a grande scala riguardanti settori con sviluppi insediativi per lo più concentrati, interessati da processi naturali tipologicamente omogenei e spazialmente per lo più continui. In questi casi esiste quasi sempre un rapporto diretto e immediato di causa ed effetto, tra l'attivazione dei processi naturali e i danni prodotti.

Un'impostazione di lavoro secondo questo schema pone tuttavia dei problemi di realizzazione, quando si debbano considerare fenomenologie come la franosità e l'attività torrentizia, tipologicamente variabili da un luogo ad un altro, e per lo più puntuali e quindi discontinue, spesso reciprocamente interagenti con possibilità di produrre pericolosi effetti indiretti. Esempio più recente il grande franamento in alta Valtellina, che ha prodotto lo sbarramento del fiume Adda, un invaso lacustre con allagamento verso monte e situazioni di elevato pericolo verso valle, nell'eventualità di rapida tracimazione al di sopra dei materiali d'accumulo (Govi 1989).

Le complicazioni più importanti derivano da una mancanza di dati statistici specificatamente raccolti, da utilizzarsi per la determinazione della frequenza di questi processi. Esistono gli Annali Idrologici che ci forniscono, per gli ultimi cinquant'anni, dati circa la distribuzione giornaliera o talora oraria delle piogge e delle portate, ma non esistono "Annali dei dissesti", non abbiamo cioè una registrazione continua dei fenomeni franosi e torrentizi con indicazioni parametriche delle modalità con cui si sono verificati. Di conseguenza gli elementi conoscitivi di base normalmente disponibili forniscono, di questi fenomeni, solo un quadro attualistico e perciò del tutto statico.

I principali condizionamenti ad una zonizzazione integrale ed omogenea del territorio in funzione della pericolosità e quindi anche del rischio, sono riconducibili pertanto alla peculiare discontinuità dei fenomeni franosi e di quelli torrentizi che, se esaminati solo nel loro contesto geolitologico e/o morfologico, risultano spesso difficilmente prevedibili e valutabili in termini di frequenza. Ma se di questi fenomeni si considerano le principali cause innescanti, analizzandole sistematicamente in relazione alle diverse tipologie di processi, il problema può trovare un'accettabile soluzione, poiché i motivi che più spesso provocano direttamente l'instabilità (precipitazioni, gelo e disgelo, oscillazioni di falda, piene dei corsi d'acqua e sismicità), sono quantificabili sia nei loro valori soglia di intensità che nella distribuzione di frequenza. Essi esercitano la loro azione sull'intero spazio considerato, pur producendo effetti differenziati

da punto a punto, a seconda delle locali condizioni più o meno predisponenti al dissesto dei singoli luoghi.

Una procedura di ricerca che tenga conto di tali fatti deve necessariamente basarsi su una raccolta, la più ampia possibile, di dati retrospettivi circa la ripetitività nel tempo dei vari processi, in relazione alla frequenza di determinate cause.

In sintesi, occorre acquisire dettagliati elementi conoscitivi sui seguenti argomenti:

- tipologia e caratteristiche cinematico-evolutive dei processi di instabilità;
- localizzazione dei fenomeni in funzione delle differenti condizioni ambientali;
- principali cause innescanti che possono condizionare lo sviluppo dei processi nello spazio e regolarne la frequenza nel tempo.

Questo approccio implica una preventiva conoscenza delle caratteristiche naturali del territorio, della litologia, della struttura, della morfologia, che singolarmente o interagendo fra di loro, possono realizzare condizioni più o meno predisponenti all'instabilità. Il quadro conoscitivo riguardante i rapporti fra questi fattori deve essere integrato dai dati sui fenomeni avvenuti in passato, e di questi va esaminata la tipologia e la distribuzione su intervalli di tempo sufficientemente ampi.

Adottando questi criteri di indagine è possibile utilizzare modelli statistici, con cui elaborare ai fini previsionali i dati relativi a eventi verificatisi in passato, estrapolandoli al futuro sia per quanto riguarda la loro frequenza nel tempo che la maggiore o minore potenziale concentrazione in un determinato spazio. In questa elaborazione si assume che la probabilità di un determinato evento non cambi entro ragionevoli intervalli di tempo, purché non si modifichino drasticamente gli attributi intrinseci d'ordine naturale.

Elaborazione dei dati e cartografie tematiche

L'attività di documentazione sistematicamente svolta dal personale dell'Istituto CNR di Torino in tutte le provincie dell'Italia settentrionale, ha condotto alla costituzione di una banca-dati riguardante i dissesti verificatisi nel bacino padano a partire dall'inizio del secolo scorso.

Le numerose notizie storiche raccolte sulle calamità naturali che hanno colpito il Piemonte nell'intervallo di tempo considerato, hanno messo in luce che in questa regione i danni prodotti risultarono in grandissima prevalenza connessi ad eventi idrologici di elevata intensità o di lunga durata. Dal 1801 al 1989 gli eventi di pioggia che hanno provocato dissesti, interessando più bacini principali del Piemonte, furono 82 (fig. 1); in termini statistici ciò significa che questa regione viene colpita, in settori diversi del suo territorio, mediamente una volta ogni 2,3 anni.

Le ricerche sulla regione piemontese, condotte dall'I.R.P.I. di Torino in stretta collaborazione con il Setto-

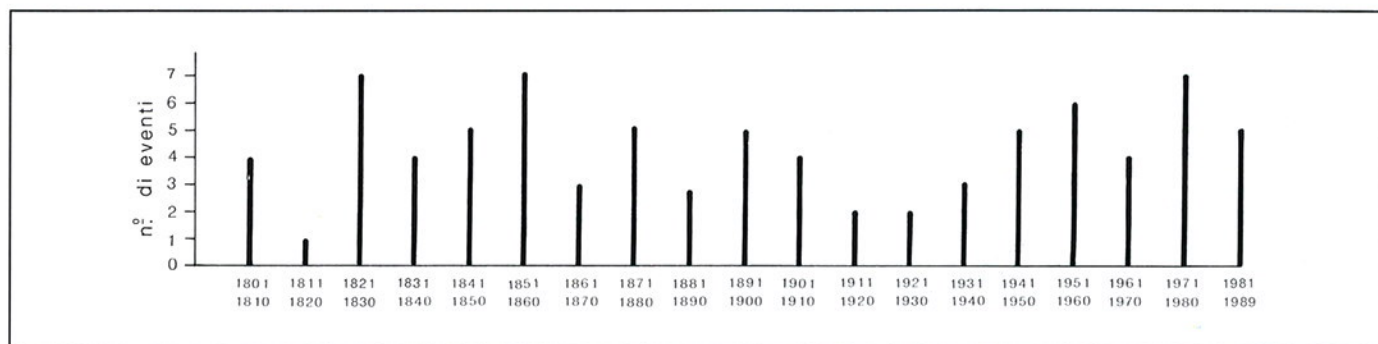


Fig. 1. Frequenza per decenni degli eventi pluviometrici ed alluvionali in Piemonte, nel periodo 1801-1989.

re per la Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico sono state sviluppate pertanto con riferimento soprattutto alla valutazione dei pericoli derivanti dai processi d'instabilità innescabili da fenomeni meteorologici straordinari.

Il lavoro si è articolato nelle sue linee essenziali in base ai criteri precedentemente esposti.

Per l'intero territorio regionale sono state realizzate o derivate le cartografie tematiche di base, (alla scala 1:100.000 o 1:25.000 secondo il dettaglio delle informazioni disponibili) che evidenziano gli attributi naturali intrinseci:

a) caratteristiche litologico-tecniche, strutturali e giaciture dei materiali rocciosi che costituiscono il substrato e distribuzione dei terreni incoerenti che compongono la coltre di rivestimento superficiale;

b) caratteristiche morfologiche e vegetazionali dei versanti e delle incisioni vallive, soprattutto in riferimento ad una distinzione per classi dei valori di pendenza, dell'energia del rilievo, della densità della rete di drenaggio e della distribuzione della copertura boschiva a carattere permanente;

c) caratteristiche climatiche con particolare riferimento alla distribuzione delle precipitazioni medie annue e delle piogge intense di prefissata frequenza, nonché all'andamento stagionale delle isoterme, con indicazioni sui cicli di gelo e disgelo.

La documentazione citata ai primi due punti (a-b), sulla quale esiste un'ampia letteratura in merito a metodologie e procedure di realizzazione, ha posto in luce principalmente i fattori naturali, che interagendo predispongono all'instabilità; i parametri indicati al punto c), corrispondono invece a forze agenti esterne che, nel contesto delle condizioni ambientali determinate dai fattori precedenti, possono svolgere sia un ruolo preparatorio che innescante.

A questi elementi conoscitivi di base, è stato sovrapposto il quadro dei processi di instabilità, realizzato secondo i seguenti criteri distintivi:

Instabilità attuale

In questa categoria rientrano oltre ai fenomeni in atto anche quelli che hanno manifestato più o meno ricorrenti attivazioni negli ultimi 30 anni. I processi di instabilità verificatisi entro questo intervallo di tempo sono risultati quasi sempre precisamente databili, ben

identificabili nella tipologia e negli effetti prodotti, nonché verificabili negli stati d'equilibrio raggiunti attraverso osservazioni dirette, sia sul terreno che su tre serie di riprese aerofotografiche effettuate a cadenza pressoché decennale sull'intero territorio regionale (1954, 1963, 1976-79); per alcuni bacini sono stati eseguiti studi di aggiornamento in base ad aerofotografie del 1987-88.

Dati riguardanti le frane attive, i processi d'erosione e gli alluvionamenti recenti lungo i corsi d'acqua sono stati sistematicamente raccolti in tutto il Piemonte presso gli Uffici Tecnici del Genio Civile, degli Ispettorati Forestali, delle Comunità Montane e delle Amministrazioni provinciali e comunali. Un quadro degli effetti prodotti in diversi bacini del Piemonte in occasione dei più gravi eventi alluvionali verificatisi nell'ultimo trentennio, è stato inoltre ricavato in base allo studio interpretativo di aerofotografie effettuate sulle zone colpite a breve distanza di tempo degli eventi stessi (giu. 1957, nov. 1962, nov. 1968, febb. 1972, mag. 1977, ott. 1977, ago. 1978, ott. 1979, ago. e sett. 1981, ago. 1987, ago. 1988).

Indagini specifiche sul terreno riguardanti la tipologia delle frane, il meccanismo dei fenomeni di trasporto in massa torrentizio e gli effetti delle piene fluviali, sono state condotte da personale dell'Istituto di Torino in occasione di tutti gli eventi pluviometrici, manifestatisi negli ultimi 20 anni.

Uno studio sistematico è stato dedicato all'analisi dei processi lungo i corsi d'acqua (esondazione, erosione, trasporto e deposito), che sono stati esaminati nei loro aspetti dinamici attraverso lo studio di aerofotografie effettuate con frequente ripetitività nell'ultimo trentennio.

Un esame delle forme caratteristiche assunte dagli alvei, ha consentito di classificarli tipologicamente in funzione dei processi prevalenti che ne condizionano l'attuale sviluppo plano-altimetrico.

Instabilità pregressa

Questo aspetto delle fenomenologie d'instabilità è stato preso in attenta considerazione, tenuto conto della frequenza con la quale, sia in Italia che in altri paesi, viene sottolineata la diffusa tendenza di molti processi d'instabilità a presentarsi come riattivazione di fenomeni già avvenuti in passato nei medesimi luoghi (fig. 2).



Fig. 2. Lo scivolamento di Monte Mater in Val Vigizzo (Osso-la), generato dalle piogge durante l'evento dell'8 agosto 1978, per riattivazione di un antico fenomeno post-glaciale.

Tale situazione è stata riscontrata con rilevante frequenza anche in Piemonte, ogni qualvolta in occasione di un importante movimento franoso, è stato possibile esaminare per mezzo di documentazioni pregresse, soprattutto aerofotografiche, le condizioni antecedenti del versante.

Sono state quindi sistematicamente cartografate tutte le paleo-frane, cioè quei movimenti gravitativi verificatisi in epoca post-glaciale, non meglio precisabile, in periodi comunque successivi alla configurazione degli attuali fondovalle. Si tratta spesso di fenomeni di grandi dimensioni, coinvolgenti quasi sempre il substrato roccioso, per i quali la zona di distacco e le forme di accumulo risultano ancora molto ben identificabili.

La maggior evidenza morfologica presentata in genere da questi fenomeni nei tratti superiori delle vallate alpine, rispetto a ciò che si osserva nei tronchi medi ed inferiori, e le più strette relazioni con lo stadio evolutivo della rete idrografica, lasciano supporre che procedendo da valle verso monte i processi gravitativi si siano verificati in epoche progressivamente più recenti.

Il grado di sviluppo di queste antiche masse instabili varia da luogo a luogo, potendosi riscontrare un'intera gamma di situazioni da quella corrispondente ad una fase d'instabilità iniziale, fino a quella di completo collasso. I principali stadi evolutivi, che esprimono anche la diversa dinamica dei processi, possono così esser sintetizzati:

a) deformazioni gravitative in roccia (sackung, deep creep), riguardanti le parti alte dei versanti, con fratturazioni a cuneo e scarpate in contropendenza disposte parallelamente al crinale; i settori medio inferiori risultano interessati da fenomeni di rigonfiamento e talora piegamento plastico delle masse rocciose, progressivamente meno accentuati procedendo verso il basso. Nell'insieme si tratta di processi ancora poco evoluti che non corrispondono ancora a vere e proprie frane;

b) dai precedenti si passa a fenomeni che denunciano traslazioni sull'intera massa destabilizzata, con evidenti

svuotamenti in nicchia e rigonfiamenti nella parte inferiore sopravanzata, senza tuttavia che quest'ultima abbia raggiunto il fondovalle producendovi significative forme di accumulo;

c) in ordine crescente di sviluppo evolutivo seguono franamenti di masse rocciose che hanno invaso parzialmente il fondovalle, determinando spesso sensibili deviazioni nei corsi d'acqua;

d) i fenomeni dinamicamente più attivi trovano infine riscontro in quelle situazioni caratterizzate da rilevanti accumuli sull'intera sezione del fondovalle, con appoggio e talora con risalita dei materiali sul versante opposto, creando condizioni più o meno prolungate di sbarramento del corso d'acqua ed accentuate modificazioni nel profilo longitudinale di quest'ultimo.

Le caratteristiche esterne delle masse destabilizzate non sempre consentono un loro preciso inquadramento nella classificazione proposta da Varnes (1978): crolli e scorrimenti traslativi, semplici, rotazionali o planari, sembrano esser subordinati a forme complesse, contraddistinte da meccanismi di movimento differenziati, soprattutto nella evoluzione delle parti inferiori rispetto a quelle superiori del corpo di frana. Nei tratti alti di quasi tutti i bacini risultano abbastanza frequenti le deformazioni gravitative profonde.

Il quadro così ottenuto, circa la distribuzione di questi fenomeni, risultando molto ampio nello spazio ed essendosi realizzato in un lungo intervallo di tempo, ha fornito inequivocabili elementi di giudizio in merito alla modalità con cui hanno reagito i vari litotipi alle sollecitazioni climatiche, morfogenetiche e neotettoniche, anche le più sfavorevoli.

Oltre il 25% delle paleofrane rilevate presenta diffusi segni di riattivazione recente, talora di movimenti in atto, collocandosi quindi nella categoria precedente. Tutte le grandi frane (di dimensioni superiori a 8-10 ha) segnalate in Piemonte negli ultimi 70 anni ed il 90% di quelle riguardanti abitati da consolidare o trasferire ai sensi della Legge dello Stato n. 445, corrispondono a "paleofrane" tuttora in condizioni di equilibrio geostatico precario.

Dall'insieme delle considerazioni precedenti emerge l'importanza di un preciso riconoscimento di questi fenomeni: il loro sviluppo areale in un ambiente montano ove gli spazi per insediamenti sono per lo più limitati, la presenza in seno ad essi di settori a debole pendenza od in contropendenza, la diffusione di emergenze idriche, costituiscono spesso motivi preferenziali per nuove localizzazioni abitative, qualora si ignori l'esistenza dell'instabilità latente.

Per quanto riguarda i processi torrentizi di trasporto in massa, una misura dell'intensità con cui si sono manifestati in passato, è stata ricavata da un attento esame delle conoidi alluvionali, attraverso le quali in genere i bacini tributari si raccordano al fondovalle principale. Se si considera infatti che queste forme di accumulo, sono il risultato di ripetute pulsazioni di piena con rilevante apporto solido, una valutazione dei loro volu-

mi ed osservazioni sulle caratteristiche dei canali di scarico, costituiscono indici molto significativi dell'intensità e pericolosità dei processi che globalmente si sono verificati all'interno dei bacini alimentatori.

Lungo la rete idrografica principale, la persistenza nel tempo di determinati tipi d'alveo, in relazione agli effetti esercitati dai processi di modellamento prevalenti nei vari tronchi, è stata verificata tramite uno studio foto-interpretativo delle antiche forme fluviali adiacenti agli attuali corsi d'acqua ed in base ad un sistematico confronto con cartografie antiche.

Un esame sulle aerofotografie ha consentito infatti di riconoscere spesso al contorno dei corsi d'acqua, diffuse tracce di tronchi d'alveo disattivati, corrispondenti a più antichi sviluppi planimetrici fluviali; se n'è ricavato un quadro dei luoghi caratterizzati da più o meno attive trasformazioni idrografiche ed attraverso documentazioni storiche relative ad intervalli di tempo pari a circa 180 anni, si sono ricostruite le successive fasi evolutive naturali od artificialmente indotte, fino al raggiungimento della situazione attuale. È stato possibile inoltre identificare le relazioni intercorrenti tra le più importanti modificazioni fluviali e i maggiori eventi di piena ricavando, sulla scorta di quanto accaduto in passato, basi di orientamento sulla tendenza evolutiva futura.

Instabilità potenziale

L'esame delle relazioni intercorrenti tra i fenomeni d'instabilità recentemente attivi o quiescenti ed i parametri naturali intrinseci del territorio ha consentito di delineare, per estrapolazioni successive, zone omogenee caratterizzate da più o meno elevata propensione a certi tipi di dissesto.

La distribuzione delle diverse frane nell'ambito delle varie unità litologico-strutturali, ha fornito un quadro generale della franosità potenziale in funzione dei fattori geologici, nel contesto delle differenti condizioni morfo-evolutive del rilievo.

Ad esempio, nel settore alpino, la franosità nel complesso dei Calcescisti, espressa come percentuale di area in frana rispetto alla superficie occupata dall'unità litologica, è risultata mediamente del 16,1%, presentando valori massimi nei Fogli Bardonecchia e Cesana dove raggiunge percentuali pari a circa il 25%. Nel complesso delle Pietre Verdi (serpentiniti e prasiniti ecc.) la franosità non supera in media il 5,9%, quella degli Gneiss occhiadini e granitoidi si riduce a 2,25%. Nell'ambito delle formazioni sedimentarie dei bacini collinari e appenninici, il Complesso flyschoidale indifferenziato presenta in Val Borbera una franosità del 42%, la Serie miocenica, tra il fiume Tanaro ed il Belbo risulta interessata da frane per il 29%, mentre l'Oligocene conglomeratico ha percentuali di area in frana non superiori al 2,5%.

Ricerche specifiche sono state dedicate allo studio delle frane innescabili da piogge nei terreni incoerenti della copertura superficiale. Si tratta di fenomeni che

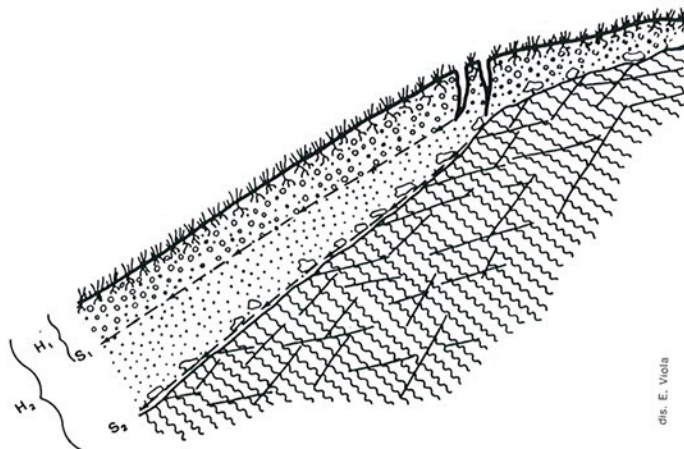


Fig. 3. Rappresentazione schematica di una frana per fluidificazione di un suolo su rocce cristalline: per piogge di elevata intensità il processo di saturazione riguarda essenzialmente l'orizzonte sopra S1, caratterizzato da alta capacità di infiltrazione. Sotto S1 il fronte di umidità può diffondersi solo molto più lentamente a causa della diminuzione piuttosto rapida dei processi di infiltrazione. Il distacco pertanto avviene lungo S1 e coinvolge uno spessore H1 variabile in media tra 0,30 e 0,50 m. Per piogge prolungate, a medio bassa intensità, il suolo si satura progressivamente sopra S2 ed il franamento coinvolge l'intera coltre H2 fino al substrato roccioso.

si manifestano inizialmente come uno scivolamento di suolo ed evolvono in breve tempo in rapido colamento spesso incanalato entro le incisioni torrentizie d'ordine inferiore; oltre ai suoli ed alla loro copertura vegetale ne risultano coinvolti talora anche frammenti del substrato roccioso alterato (fig. 3).

I settori di versante maggiormente vulnerabili da questo tipo di dissesto, sono stati distinti in base ad operazioni di confronto e sovrapposizione tra carta delle pendenze (classi 16° - 45°), carta dei terreni superficiali e carta della copertura vegetazionale (zone prive di boschi o con copertura arborea di scarsa efficienza protettiva).

I problemi di instabilità dei versanti collinari in ampie aree del bacino Terziario Piemontese, costituito da rocce marnoso-siltoso-arenacee, sono risultati chiaramente correlati oltre che alla litologia, anche soprattutto alle condizioni giaciture, diffusamente caratterizzate da una disposizione degli strati a franapoggio, con inclinazione inferiore al pendio.

Tali caratteristiche costituiscono fattori altamente predisponenti a frane di scivolamento lungo superfici di strato e giustificano la diffusione e l'elevata potenzialità di questi fenomeni in tutto il territorio delle Langhe e del Monferrato.

Collateralmente a queste operazioni, dedicate ad uno studio della suscettività a franare, sono state svolte ricerche al fine di adottare uno schema previsionale anche per i processi che avvengono lungo i corsi d'acqua nei bacini montani ove gli effetti morfologici prodotti da nubifragi, anche se circoscritti, sono molto marcati e le conseguenze per centri abitati ed infrastrutture spesso gravissime.



Fig. 4. La conoide del Torrente Renancio, presso Quincinetto, nella bassa Valle d'Aosta; si nota l'alluvionamento prodotto dal violento fenomeno di trasporto in massa verificatosi il 22 settembre 1981. (Fot. Alifoto).

In particolare evidenza si pongono i violenti fenomeni connessi all'attività torrentizia dei tributari minori sulle conoidi ed alla confluenza con i corsi d'acqua principali, luoghi che in tutte le valli alpine son spesso sede di centri abitati (fig. 4).

Un ruolo preponderante viene assunto in questi casi dalle rilevanti quantità di materiali solidi mobilizzate dai torrenti in piena.

Si tratta di un trasporto in massa nel quale vengono rapidamente presi in carico i materiali alluvionali e detritici di ogni granulometria presenti in alveo ed al suo contorno, fino talora al completo svuotamento dell'asta torrentizia. La miscela mobile ha un'elevata densità (fino $1,8-2 \text{ ton/m}^3$); trascina spesso tronchi d'albero sradicati che ne aumentano il volume complessivo, raggiungendo in alveo altezze considerevoli, soprattutto nel settore frontale. Le quote, osservate sono fino a 4-5 volte maggiori rispetto a quelle ipotizzabili in base alla procedura di calcolo per la previsione delle massime piene generate da soli deflussi liquidi.

I criteri adottati per caratterizzare i torrenti alpini in funzione di potenziali attività parossistiche di questo tipo, si fondano essenzialmente sui seguenti fattori: entità di materiali sciolti fini e grossolani disponibili negli alvei, caratteristiche geometriche delle aste torrentizie e delle conoidi, presenza a monte di masse glaciali e di invasi lacustri, condizioni pluviometriche locali in relazione soprattutto alla probabilità di piogge orarie molto intense.

Gli effetti producibili dai corsi d'acqua principali durante gli eventi di piena, con particolare riferimento alla delimitazione delle aree allagabili ed alluvionabili nei settori di fondovalle e nella pianura, sono stati evidenziati in base a studi morfologici ed analisi dei dati altimetrici, integrati da elementi conoscitivi ricavati da

documentazione storiche riguardanti i più importanti fenomeni di esondazione avvenuti in passato.

È stato possibile individuare inoltre una serie di forme fluviali cui corrispondono diversi gradi di stabilità naturale, intesa quest'ultima come suscettibilità al modellamento dell'alveo in risposta a determinati stati di piena, in base alle granulometrie dei materiali trasportati, di quelli costituenti il fondo e le sponde ed alla pendenza e configurazione dell'asta fluviale.

La stabilità diminuisce dal modello unicursale a meandri regolari (es. Po a Carmagnola, Tanaro tra Asti ed Alessandria) fino a quello a ramificazione multiple (es. Sesia a monte di Vercelli, Scrivia fino a Tortona). Nel tipo a meandri l'alveo subisce trasformazioni localizzate in alcuni settori (accentuazioni di curve concave, tagli di meandri), nel tipo a ramificazione multiple l'intera asta fluviale può risultarne modificata, con sviluppo dei canali di deflusso in gran parte diverso da quello precedentemente in atto.

Nelle considerazioni fatte in precedenza il termine "stabilità" si riferiva fondamentalmente alla potenziale mobilità delle vie di deflusso ordinariamente occupate dalla corrente; se gli si attribuisce un significato di pericolosità in riferimento alla delimitazione delle aree di massima divagazione naturale e di espansione delle piene, si deducono conclusioni pressoché opposte, in quanto basate su criteri di valutazione diversi. Lungo i corsi d'acqua pluricursali tali aree risultano in genere ben definibili a priori, soprattutto su aerofotografie (in base a terrazzi naturali, tracce di canali abbandonati, banchi ghiaiosi, sviluppi della vegetazione permanente). Un confronto tra riprese aeree recenti (1988) e quelle di più antica data (1954) dimostra che i limiti estremi di queste zone di espansione rimangono sensibilmente costanti nel tempo, salvo modificazioni antropiche. Le capacità di invaso durante le piene sono ampie; poiché la corrente ha sempre un abbondante carico solido, al di fuori dell'area di espansione possono verificarsi alluvionamenti, quasi sempre però su superfici limitate.

Lungo gli alvei meandriciformi, quando non incassati tra sponde o terrazzi insommergibili, l'area di massima espansione delle acque di piena risulta più difficilmente precisabile e si è reso necessario utilizzare basi topografiche con dati altimetrici sufficientemente dettagliati, unitamente alle notizie storiche di cui si è già fatto cenno in precedenza. I fenomeni sono in genere meno rapidi e violenti ma le conseguenze connesse all'estensione degli allagamenti possono essere in alcuni settori della pianura piemontese abbastanza gravi.

Nella carta di sintesi si è tenuto conto inoltre dei fenomeni di riattivazione dell'erosione di fondo nei letti fluviali, quantificandone l'abbassamento, apparso particolarmente accentuato a seguito soprattutto dell'intensa attività estrattiva esercitata negli ultimi 20 anni in quasi tutti i fiumi della pianura piemontese, con risvolti positivi per quanto riguarda la limitazione degli allagamenti, ma con effetti negativi sulla stabilità dei ponti e degli altri manufatti in alveo e lungo le sponde.

Analisi delle cause innescanti

In analogia all'ovvia correlazione tra precipitazioni piovose e piene fluviali, è sovente dimostrabile un evidente rapporto di causa ed effetto anche tra eventi di pioggia e movimenti di massa sui versanti.

Per alcuni tipi di fenomeni franosi (colamenti rapidi per saturazione e fluidificazione dei terreni superficiali, scivolamenti in serie stratificate marnoso-arenacee) tale rapporto è traducibile in termini pressoché quantitativi, essendo stata riscontrata una relazione tra l'innescarsi dei franamenti e l'altezza cumulata di precipitazioni che li hanno preceduti. Per altri tipi di processi gravitativi (crolli, scossoni profondi, grandi colate in complessi argillosi flyschoidi) che si verificano localmente in tempi diversi, le correlazioni con le piogge o con particolari situazioni climatiche, qualora i fenomeni vengano singolarmente esaminati, appare più incerta.

Come già detto la mancanza di un preciso quadro della distribuzione nel tempo dei movimenti gravitativi, all'interno di un certo spazio, costituisce un fattore fortemente limitativo qualora si voglia esaminare la contemporaneità dei fenomeni, in relazione alla identificazione delle principali cause innescanti; è altresì condizionata quando si debba esprimere una valutazione sulla ricorrenza dei processi d'instabilità, sulla loro tendenza evolutiva e quindi sul loro grado di pericolosità.

Una ricerca specifica su tale problematica è stata svolta pertanto, utilizzando i dati d'archivio e selezionando sistematicamente tutte le notizie riguardanti i più importanti fenomeni franosi, verificatisi negli ultimi cento anni nella regione piemontese (Govi, Mortara & Sorzana, 1984). Si sono considerate solo quelle segnalazioni, nelle quali veniva precisata la data dei movimenti, ricavandone un campione costituito da 639 casi.

I diagrammi di fig. 5 forniscono un quadro abbastanza significativo della influenza delle condizioni climatiche medie sulla distribuzione delle frane in Piemonte, durante i vari mesi dell'anno, nell'ambiente collinare (a) e nell'ambiente alpino (b).

La quantità di frane segnalate nei diversi mesi dell'anno, nel primo caso (fig. 5a), è posta in relazione con il valor medio ragguagliato delle altezze di precipitazione mensile registrate nell'ultimo cinquantennio in stazioni significative dell'arco alpino occidentale. Il ruolo della temperatura e dell'innervamento è valutabile in base ai diagrammi che esprimono in percentuale per ciascun mese, il numero medio di giorni di disgelo (temperature minime superiori allo zero) e di permanenza della neve al suolo. Nella fig. 5b gli istogrammi di frequenza delle frane nel settore collinare sono confrontati con le altezze di pioggia calcolate come nel caso precedente, e con la distribuzione dei valori medi di surplus e di deficit idrico, connessi alle entità dell'evapotraspirazione potenziale.

Delineate così le cause principali, la fase successiva della ricerca è stata sviluppata fondamentalmente per raggiungere i seguenti obiettivi:

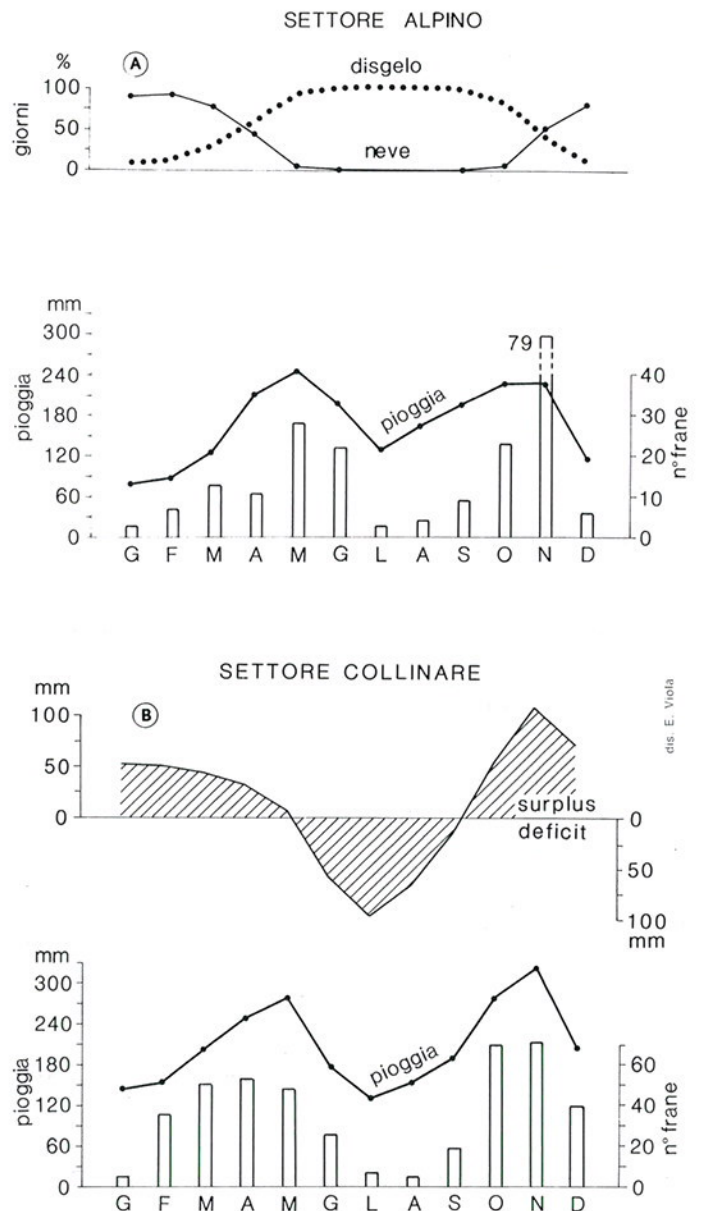


Fig. 5. Istogrammi di frequenza delle frane sviluppatesi in vari bacini piemontesi negli ultimi 100 anni, posti in relazione con le precipitazioni medie mensili di un cinquantennio, registrate in stazioni significative del Piemonte. Nella parte superiore di fig. 5A è indicato il numero medio di giorni di disgelo e dei giorni di permanenza della neve al suolo. In fig. 5B, parte superiore, è fornito il diagramma dei valori medi di surplus e di deficit idrico (in mm), connessi all'entità dell'ETP.

- identificare le quantità critiche di precipitazione al di sopra delle quali si generano diffusi movimenti di massa sui versanti e violenti fenomeni di piena negli alvei torrentizi;

- valutare con i consueti metodi statistico-probabilistici le frequenze e/o i tempi di ritorno di piogge con durata ed intensità pari a quelle così individuate.

I fenomeni che meglio si prestano a questo tipo d'indagine sono le frane per scivolamento e fluidificazione di materiali sciolti della copertura superficiale.

Sono state esaminate diverse decine di pluviografi relativi a numerosi eventi verificatisi in vari periodi stagionali e registrati da stazioni idrologiche distribuite in quasi tutti i bacini del Piemonte. La sistematica rac-

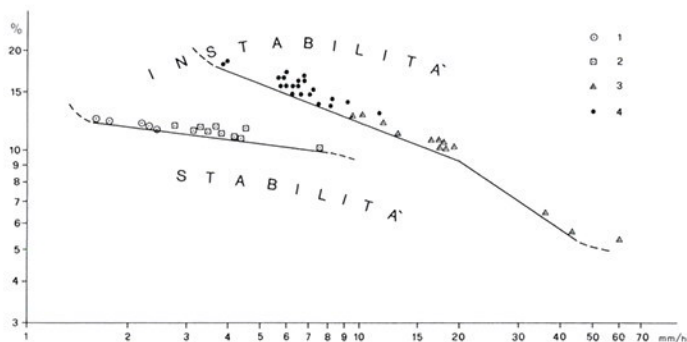


Fig. 6. Relazione tra fase iniziale della franosità in terreni superficiali e parametri idrologici: intensità oraria e precipitazione cumulata dell'evento, espressa in % della p.m.a. (1: eventi invernali; 2: eventi primaverili; 3: eventi estivi; 4: eventi autunnali). Le linee definiscono i valori soglia di precipitazione al di sopra dei quali, nelle varie stagioni, nei bacini piemontesi si innescano le prime frane.

colta di informazioni circa l'ora in cui erano avvenuti i primi dissesti, ha consentito di quantificare i valori critici della pioggia, la durata (da qualche ora a 1-2 giorni) e l'intensità oraria.

Nello stadio iniziale della franosità le altezze critiche di precipitazione cumulata, espresse in percentuale della pioggia media annua, variano in funzione dell'intensità media oraria e delle condizioni stagionali. Le relazioni intercorrenti tra questi parametri sono evidenziate in fig. 6: le linee che involuppano inferiormente i punti corrispondenti alle precipitazioni critiche, definiscono la "soglia" oltre la quale si passa dal campo della stabilità a quello della franosità.

Un secondo tema di ricerca ha riguardato le frane in roccia nel bacino Terziario Piemontese, dove sono particolarmente diffuse le frane di scivolamento lungo superfici di strato. I movimenti sono risultati chiaramente condizionati da eventi piovosi che si verificano

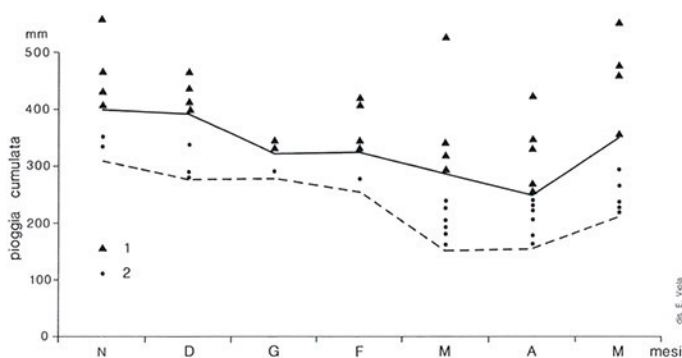


Fig. 7. Diagramma delle quantità minime di pioggia necessarie per attivare nei vari mesi frane di scivolamento planare in roccia nel Bacino Terziario Piemontese. La linea a tratti definisce il campo dei valori minimi di precipitazione totalizzata nei 60 giorni precedenti gli eventi che hanno determinato l'instabilità. La linea continua corrisponde ai valori "soglia" globali (piogge antecedenti + piogge dell'evento) oltre ai quali si sviluppano i franamenti (1: piogge cumulate che hanno prodotto scioglimenti; 2: piogge cumulate che non hanno prodotto scioglimenti).

nel periodo compreso tra novembre e maggio, purché la precipitazione nei 60 giorni antecedenti superi certi valori critici ben definiti (fig. 7). I processi di scivolamento si innescano quindi per determinati valori nel surplus di precipitazione cumulata, variabili nel tempo principalmente in funzione del deficit idrico mensile.

La documentazione storica raccolta in riferimento alle grandi frane di roccia pone in evidenza che una larga percentuale di tali fenomeni (oltre 1500) si è innescata in epoca preistorica. Nell'intervallo di tempo che copre gli ultimi 400 anni, corrispondente al quale si ha una migliore continuità nelle informazioni, le segnalazioni di importanti processi gravitativi nella catena alpina occidentale pongono in luce una maggior concentrazione di fenomeni nel periodo della cosiddetta "piccola era glaciale" che si colloca tra la fine del 1500 ed il 1850 circa. Non si può escludere che in alcuni casi si sia trattato di riattivazione di fenomeni in luoghi già precedentemente destabilizzati; ciò in buona parte è stato verificato in base a frequenti indizi che denunciano l'esistenza di movimenti nel tempo, spesso circoscritti a determinati settori del versante in frana.

Anche negli ultimi 200 anni le segnalazioni di frane coinvolgenti volumi superiori a qualche milione di m³, fanno chiaro riferimento, nel 70% dei casi, a fattori climatici. Recenti osservazioni svolte sul terreno dimostrano che questi grandi fenomeni del passato, attualmente evolvono attraverso movimenti localizzati e lenti, che si manifestano soprattutto nelle stagioni primaverili, precedute da abbondante innevamento.

Tenuto conto di quanto sopra esposto si può dedurre che alcune delle cause innescanti originarie attualmente non sussistano o non agiscano con la medesima intensità: in tale contesto si collocano possibili variazioni nell'attività sismica e neotettonica, ma soprattutto nelle condizioni climatiche, cui sono riconducibili gli effetti prodotti sui versanti da processi di glacio-pressione e decompressione, quelli dovuti al manto nevoso ed alla sua fusione ed altri legati alle precipitazioni piovose, alle piene torrentizie e ai connessi fenomeni di erosione al piede del pendio.

Le relazioni con i mutamenti climatici ciclici appaiono comunque confermate da un'indagine appositamente svolta in merito alla distribuzione dei periodi umidi, secchi, caldi e freddi riconosciuti da vari autori a partire dal 1600. Su 59 casi di frane importanti segnalate dalla letteratura storica per il medesimo intervallo di tempo, il 67% risulta essersi verificato in periodi freddi-umidi o caldo-umidi, il 30% in periodi definiti caldi-secchi, il 3% in concomitanza a cicli freddi-secchi.

A condizioni di prolungata siccità sono per lo più da ascrivere invece gli avvallamenti di sponda lacustre, che con ripetitività si sono manifestati durante periodi di magra sia sul Lago d'Orta (Ronco di Pella 1972) che sul Lago Maggiore dove in località Feriolo un ampio fenomeno di questo tipo, il 15 marzo 1867, provocò 14 vittime.

I parametri per la definizione della pericolosità

Il quadro conoscitivo realizzato attraverso la serie di indagini descritte in precedenza, ha consentito di delimitare il grado di pericolosità esistente all'interno di ciascuna area, analizzando la tipologia dei fenomeni in atto o potenziali, la loro distribuzione nello spazio e la loro più probabile frequenza nel tempo, in relazione a determinate cause innescanti.

Meccanismi evolutivi e caratteristiche cinematiche

Per quanto riguarda la tipologia dei fenomeni di instabilità, soprattutto nell'ambito delle frane, un parametro fondamentale per ricavare una graduatoria secondo diversi livelli di pericolosità è definito dalle caratteristiche cinematiche dei fenomeni stessi. Il pericolo maggiore è connesso infatti alla rapidità dei processi, oltre che per l'influenza sugli effetti producibili, anche in relazione alla possibilità di attivare sistemi di previsione che rispondano ad esigenze di preallarme in tempi operativamente utili.

In una classifica tipologica fondata su tali criteri si collocano al primo posto le frane per crollo. Questi fenomeni si generano spesso senza indizi premonitori per distacchi da pareti rocciose (fig. 8) o comunque da pendii ad elevatissima inclinazione; le condizioni predisponenti alla caduta di materiali più o meno abbondanti si rendono manifeste soprattutto in base ad osservazioni sul grado di fratturazione delle rocce, sulla disposizione geometrica delle fratture e delle altre discontinuità e sui loro reciproci rapporti di intersezione.

I fenomeni si innescano oltre che sotto l'azione prolungata di agenti climatici anche per effetto di scosse sismiche (es. Pinerolese); quando i volumi coinvolti sono ingenti, si generano "valanghe di roccia" ad elevatissima mobilità. I tempi di sviluppo, in ogni caso, variano da poche decine di secondi ad alcuni secondi.

Numerosi sono i casi noti antichi e recenti in Piemonte a partire dal 1391 quando un enorme crollo (circa 60 milioni di m³ coinvolti) distrusse la frazione di Eusebio presso Casteldelfino. Nel 1628 l'antico centro abitato di Locana venne devastato per l'improvvisa caduta di notevoli volumi di roccia; un crollo di rocce da M. Pozzoli in Valle Antrona nel 1642 investì buona parte dell'abitato di Antronapiana provocando 150 morti. Fenomeni analoghi hanno prodotto gravi danni e vittime nella frazione Villa di Acceglio nel 1810, ed a Rosone, nella Valle dell'Orco, dove si sono più volte manifestati tra il 1940 ed il 1964. Tra gli episodi più recenti il crollo in Val Formazza (loc. Frua) avvenuto il 29 agosto 1985 (3 morti) e quello verificatosi il giorno 8 aprile 1986 immediatamente a monte dell'abitato di Carema (bassa Valle d'Aosta).

Per altri tipi di frane coinvolgenti il substrato roccioso, che si manifestano come scivolamenti planari o rotazionali lungo superfici di movimento più o meno inclinate ma ben definite (fig. 9), gli spostamenti delle masse litoidi possono avvenire in qualche caso rapidamente



Fig. 8. Frana per crollo in quarziti presso la località Rossa di Chiappera (Valle Maira).



Fig. 9. Scivolamento planare lungo superficie di strato nella serie marnoso-sabbioso-arenacea dell'Ovadese (Cascina Piazzollo).

(pochi minuti) ma spesso, si verificano mediamente entro intervalli di tempo misurabili in alcune decine di minuti talora in qualche ora.

Generalmente i movimenti principali sono preceduti da modesti ma diffusi fenomeni di instabilità, che si manifestano talora per lungo tempo, attraverso numerosi indizi consistenti nell'apertura di fessurazioni, rigonfiamenti del terreno, emergenze idriche, inclinazione degli alberi.

Fenomeni di questo tipo, caratterizzati da lunghi periodi di preparazione cui segue la fase parossistica, sono

avvenuti a più riprese nel Monferrato e soprattutto nelle Langhe cuneesi. In quest'ultima area sono stati spesso coinvolti centri abitati e cascine: Vergne di Barolo nel maggio 1917, Lerice nel maggio 1926, Castino nel marzo 1936, Cissone nell'aprile 1941, Cigliè nel gennaio 1963, Altavilla di Somano nel marzo 1972, Arnulfi di La Morra nel febbraio 1974, Pianezze di Dogliani nell'aprile del 1983.

Nel settore alpino, analoghi franamenti sia pure con meccanismo di movimento più complesso (talora con trasformazione in valanghe di roccia), si sono verificati coinvolgendo talora interi versanti per alcune centinaia di milioni di m³. Descrizioni storiche ricordano gli scoscendimenti che distrussero nel 1655 l'abitato di Pertusio, in Valle di Lanzo, devastato dalle acque per cedimento di un temporaneo sbarramento prodotto da una frana caduta poco a monte.

Frane imponenti, generatesi quasi ovunque sotto l'azione di piogge intense o persistenti, in parte per riattivazione di antichi fenomeni postglaciali, si sono manifestate a Millaures in alta Valle di Susa nel 1728, a monte di Crodo nell'agosto 1834, a Civiasco (Val Sesia) nell'ottobre 1857, ed a Baio Dora nel 1890 con riattivazioni in anni successivi. Gli effetti morfologici di questi fenomeni sono ancora oggi visibili con evidenza non molto diversa rispetto ai movimenti gravitativi avvenuti nel secolo attuale. Tra questi ultimi va menzionata la frana innescatasi nel 1926 presso la frazione Pornassino, nell'alta Valle del Tanaro, lo scoscendimento del Casas in Val di Susa, prodotto dalle piogge della primavera 1957, e le attivazioni di pericolosi movimenti prodotti dalle piogge sul versante a monte di Perrero in Val Germanasca nel 1977 e sopra Albogno, in Val Vigizzo, nel 1978.

Frane decisamente più lente sono quelle che avvengono per colamento di masse argilloso-marnose o di corpi rocciosi scistoso-fogliettati, minutamente pieghettati e fratturati. I movimenti non avvengono in questo caso lungo una superficie ben definita e continua, ma attraverso processi di progressiva deformazione e rottura a diversi livelli di profondità più o meno collegati fra loro. Tali fenomeni una volta innescati possono restare costantemente attivi per lunghi periodi, talora per diversi anni. Episodi franosi di questo tipo sono particolarmente diffusi e sono noti da molto tempo, nel complesso flyshoide della Val Borbera ed in alcuni settori della collina casalese; altri casi, talora di grandi dimensioni, sono stati recentemente riconosciuti anche nelle unità metamorfiche della catena alpina occidentale.

Occorre segnalare infine che nel corso delle indagini sono state riconosciute 52 frane di varie caratteristiche tipologiche, che in momenti successivi all'ultima glaciazione, hanno provocato in diverse vallate alpine del Piemonte, lo sbarramento di corsi d'acqua con formazione di più o meno estesi e persistenti invasi lacustri a monte degli accumuli. Solo in quattro casi tuttavia la fase di primo distacco è storicamente documentata: essi corrispondono alle frane di M.te Pertusio in Valle Varai-



Fig. 10. Recente sbarramento di un corso d'acqua per frana di roccia e detrito; torrente Piota, in prov. di Alessandria, 19 marzo 1978. (Foto Alifoto).



Fig. 11. Frane per fluidificazione dei terreni superficiali, provocate nel bacino del Torrente Lemme, dall'evento di pioggia del 7 ottobre 1977.

ta (1391, di Antrona in Val d'Ossola (1951) (cfr. anche fig. 10).

Il quadro di fenomenologie descritte, caratterizzate da instabilità di masse rocciose, va completato con le numerose frane di piccole dimensioni che coinvolgono i terreni incoerenti della copertura superficiale durante gli eventi di pioggia. Quando il suolo è saturo d'acqua (fig. 11) i fenomeni si innescano e si esauriscono quasi sempre in pochi minuti e quindi in una classifica generale per grado di pericolosità, questi processi si collocano subito dopo i crolli di roccia. Frane di questo tipo, in numero di varie decine per km², hanno provocato effetti devastanti su abitazioni e infrastrutture durante gli eventi di pioggia del novembre 1968 in Biellese, nell'ottobre 1977 nell'Alessandrino meridionale e nell'agosto 1978 in valle d'Ossola.

Quasi sempre in stretta connessione con i fenomeni appena descritti, si generano anche improvvise pulsazioni di piena lungo le aste torrentizie, che assumono caratteristiche particolarmente violente lungo i tributari minori ad elevata pendenza soprattutto, come già sotto-lineato, per le rilevanti quantità di materiali solidi trasportati. Le velocità di spostamento della miscela solido-liquida sono comprese tra qualche m/s e 10-12 m/s. I tempi di sviluppo, a partire dall'inizio della pioggia, dipendono dall'intensità di quest'ultima: sotto precipitazioni violente i fenomeni di trasporto in massa possono generarsi in poco più di un'ora. Ripetutamente si è osservato in occasione di recenti episodi alluvionali che questo tipo di fenomeno si innesca come effetto di temporanei sbarramenti in alveo, prodotti da accumuli di frana o da restringimenti artificiali del letto torrentizio, ben presto sfondati ad opera della corrente.

Le cronache riportano numerose notizie di gravi effetti prodotti da questi processi torrentizi, frequenti soprattutto nel settore alpino, nell'ambito del quale rappresentano uno dei maggiori motivi di pericolo. Vittime e distruzioni di abitati sono state ripetutamente provocate da fenomeni avvenuti in Val di Susa lungo i torrenti Prebec (1887-1957), Pissaglio (1798-1811-1846), Gelassa (1728-1977), Gerardo (1876-1920). In Valle dell'Orco l'abitato di Campiglia Soana ne risultò pressoché distrutto nel 1845 ed analoghe conseguenze subì il paese di Ornavasso nel 1839 e nel 1858, per alluvionamenti del torrente S. Carlo. Nella bassa Valle d'Aosta il torrente Pisone provocò a Quassolo 7 morti nel 1942 e l'abitato di Villar S. Costanzo in Val Maira, soffrì gravissimi danni a causa delle violente esondazioni con trasporto solido del torrente Taluto, nel 1817, 1871 e 1906. Tra i casi più recenti vanno citati gli intensi fenomeni registrati nel 1978 sulla conoide del Rio Cui, a Druogno in Val d'Ossola, e quelli manifestatisi nel 1981 lungo il torrente Bersella, presso l'abitato di Traversella e sulla conoide del torrente Renanchio a Quincinetto.

Anche località nei bacini collinari sono state talora sconvolte da violente pulsazioni di piena torrentizia, caratterizzate soprattutto da elevati volumi d'acqua torbida e generate per sfondamento di temporanei sbarramenti in alveo; fenomeni di questo tipo hanno provocato vaste distruzioni nel 1584 a Ceva per una piena del torrente Cevetta, a Cortemilia nel 1878, per esondazione nel paese del torrente Uzzone e ad Alba (Borgo Moretta) nel 1948, a seguito di una forte piena del torrente Cherasca.

Per quanto riguarda infine la rete idrografica principale nella pianura piemontese, assumono importanza i tempi di traslazione dell'onda di massima piena: ad esempio nel tratto di Po a monte di Torino sotteso dalla stazione idrometrica di Moncalieri, la propagazione di piene generate dalle portate dei torrenti Pellice e Chisone, avviene in 11 ore circa, a partire dallo sbocco in pianura di questi due corsi d'acqua (64 km). Nel tronco a Valle di Torino, tra le sezioni di San Mauro e Casale



Fig. 12. Ponte lungo l'autostrada Torino-Milano per l'attraversamento del Torrente Orco. La fotografia mostra un tratto del corso d'acqua durante l'evento di piena dell'8 ottobre 1977 che ha provocato la demolizione della corsia verso Torino.

(68 km), la piena, per apporto soprattutto dei tributari Stura di Lanzo, Orco e Dora Baltea, si propaga in 12-13 ore (fig. 12).

Più rapidi appaiono gli eventi che si manifestano lungo il tratto di fiume Sesia tra Vercelli ed il Ponte di Valenza sul Po (50 km), che risulta coperto dalle piene maggiori in 8 ore circa; analogo comportamento o talora dinamicamente più accentuato, si è registrato in occasione di piene in traslazione lungo l'alveo dei torrenti Orba e Bormida tra Ovada ed Alessandria.

I dati più recenti sembrano porre in luce per diversi corsi d'acqua della pianura piemontese, una tendenza verso un incremento di rapidità nella traslazione dell'onda di piena, in relazione ai diffusi processi di approfondimento degli alvei ed alla loro "canalizzazione" per diminuzione delle larghezze nelle sezioni trasversali.

Individuazione dei luoghi esposti a pericolo

Il riconoscimento e la delimitazione dei settori di territorio potenzialmente instabili per processi di vario tipo, richiedono una serie di operazioni abbastanza complesse, fondate su elementi di conoscenza diretta dei luoghi, tanto più dettagliati quanto più ristretta è l'area presa in esame.

Indagini di questo tipo applicate a scala regionale presentano qualche vantaggio, in quanto possono fondarsi sull'elaborazione di una grande quantità di dati che, se ben distribuiti, possono vicendevolmente integrarsi con possibilità di estrapolazioni sufficientemente affidabili da un settore all'altro.

È noto che le frane o quanto meno certi tipi di frane ed i fenomeni torrentizi di trasporto in massa, sono più diffusi in certe aree piuttosto che in altre.

Ciò è dovuto al fatto che le caratteristiche litologiche strutturali e giaciture dei materiali rocciosi e la composizione e distribuzione dei terreni incoerenti superficia-

li, è diversa da luogo a luogo. Analogamente differiscono da un'area all'altra le forme del rilievo, la densità ed il tipo di copertura vegetazionale e gli elementi che determinano le condizioni climatiche medie ed estreme.

L'uno o l'altro di questi fattori, o spesso più d'uno, possono presentare caratteristiche tali da realizzare condizioni variamente predisponenti all'instabilità. La composizione litologica degli strati, la loro giacitura in rapporto alla forma e pendenza dei versanti, il grado di fratturazione delle rocce, sono elementi distintivi primari per giudicare se una determinata zona sarà sede probabile di un certo tipo di dissesto a livello del substrato roccioso. Per quanto riguarda i terreni della copertura superficiale la franosità in essi dipende fondamentalmente dalle potenzialità pluviometriche dell'area, dalle pendenze del versante e dal grado di efficienza protettiva della copertura boschiva.

Nel territorio piemontese la catena alpina è costituita da diverse unità strutturali in cui compaiono rocce metamorfiche di vario tipo: il settore collinare a sua volta presenta soprattutto formazioni sedimentarie composte da litotipi diversi. In entrambe le zone, alcuni complessi strutturali ed unità litologiche si contraddistinguono, come già sottolineato in precedenza, per una particolare predisposizione al dissesto. Nell'ambito stesso di ciascuna unità geologica si sono poste inoltre in particolare evidenza alcune aree ad elevata concentrazione di grandi fenomeni franosi coinvolgenti il substrato roccioso; situazioni di questo tipo sono riscontrabili nell'alta Valle di Susa, nella parte medio alta della Val Chisone ed in Val Germanasca; anche negli alti bacini dei Torrenti Varaita, Maira e Grana sono emerse condizioni analoghe d'instabilità particolarmente diffusa.

Nell'ambito delle formazioni sedimentarie che costituiscono i rilievi collinari ed appenninici tra i fiumi Po, Tanaro ed il torrente Scrivia, i fattori predisponenti sono identificabili fondamentalmente nella composizione litologica di questa serie, in cui si alternano strati marnoso-argillosi ed arenaceo-sabbiosi, e nelle condizioni giaciture di questi strati. Le dorsali allungate presentano alternativamente un fianco ripido, con stratificazione a reggipoggio ed uno a pendenza molto modesta con disposizione degli strati a franapoggio, frequentemente ad inclinazione inferiore a quella del versante. Su entrambi i lati le dorsali sono delimitate al piede da profonde incisioni torrentizie, per processi erosivi recenti, tuttora attivi.

Tali condizioni, diffuse soprattutto nelle Langhe cuneesi e nei bacini dei torrenti Belbo e Bormida sono alla base dell'elevato numero di frane per scivolamento riscontrate in quest'area.

Motivi soprattutto litologici ed anche di deformazione tettonica, determinano infine l'altissima concentrazione di grandi frane per colamento nel Complesso argilloso flyschoidale della Valle Borbera.

Gli argomenti fin qui trattati hanno notevole peso nelle procedure di delimitazione delle aree esposte a differenti livelli di pericolosità; il maggiore o minore

addensamento di un certo tipo di fenomeni (antichi e recenti) in una determinata zona è ovviamente un elemento discriminante di grande importanza ai fini della "localizzabilità" dei fenomeni, cioè della possibilità di prevederne lo sviluppo entro un determinato spazio, in relazione alle caratteristiche d'insieme più o meno manifeste o latenti dei processi attivabili.

Le sistematiche ricerche retrospettive, come già ripetutamente segnalato, hanno messo in evidenza che una gran parte dei fenomeni attuali d'instabilità si erano già manifestati in passato nei medesimi luoghi, e tale diffusa tendenza alla ripetitività può esser considerata un ulteriore importante elemento ausiliario di riconoscimento e di localizzazione. Per alcuni processi tuttavia (ad es. scivolamenti rapidi per fluidificazione dei terreni incoerenti superficiali durante le piogge intense) tale criterio è raramente adottabile, se non considerando estesi areali quì e là potenzialmente instabili: in questo caso devono sopporre condizioni di pericolo più elevate. In base alle esperienze del passato i bacini maggiormente esposti a questo tipo di fenomeni sono quelli dove rocce facilmente disaggregabili, per motivi di composizione o di alterazione chimico-fisica, hanno dato origine a potenti coltri eluviali o colluviali. Tali situazioni, associate a possibilità pluviometriche caratterizzate da eventi di elevata intensità, si riscontrano soprattutto nell'area del Biellese, tra il torrente Cervo e la bassa Val Sesia, nelle colline dell'Alessandrino meridionale, in valli tributarie del Toce ed in parte anche nella collina di Torino.

Dall'insieme delle considerazioni fin qui fatte si può dedurre che l'individuazione dei luoghi potenzialmente instabili per frana, implica un esame comparativo di molteplici fattori, nelle loro varie interazioni. Dal punto di vista metodologico ciò significa predisporre un quadro il più dettagliato possibile dei diversi tipi di frane esistenti in una certa area, analizzandone la distribuzione in rapporto ai fattori litologici e strutturali espressi dalla cartografia geologica ed inquadrandone il significato nel contesto delle differenti condizioni morfologiche e climatiche.

La localizzazione dei potenziali pericoli connessi ai processi torrentizi di trasporto in massa ha posto minori difficoltà, essendosi fondata in buona parte su osservazioni dettagliate delle conoidi alluvionali edificate dai tributari sui fondovalle percorsi dal corso d'acqua principale. Tali apparati infatti possono essere considerati elementi morfologici molto sensibili, come affermano Gregory & Wallis (1973), in quanto significativi dell'insieme delle caratteristiche litologiche, topomorfiche e climatiche del bacino alimentatore.

In un quadro di pericolosità potenziale piuttosto elevata si collocano numerosi piccoli tributari del fiume Sesia e la maggior parte delle conoidi edificate dai torrenti sui fondovalle del fiume Toce in Val d'Ossola, nella bassa Valle della Dora Baltea, lungo quasi tutta la Valle di Susa e la Valle del Torrente Pellice.

Per quanto riguarda infine la rete idrografica principale piemontese, la sua caratteristica più saliente è de-

terminata per lo più da una diffusa tendenza all'instabilità degli alvei, sia planimetrica che altimetrica (quest'ultima accentuata dalle attività estrattive). La configurazione geometrica della pianura in Piemonte non consente estese espansioni delle acque di esondazione, salvo che in alcune aree individuabili nel basso Vercellese, nell'Alessandrino settentrionale e nel settore tra Carmagnola e Moncalieri.

Lo studio delle piene ha posto in luce che i danni maggiori sono conseguenti più frequentemente, non già a situazioni che vedono coinvolti tutti o quasi i corsi d'acqua della regione, ma a quelle nelle quali risultano interessati solo alcuni gruppi di bacini, tra i quali spicca per la concomitanza degli eventi, quello del Sesia-Toce-Bormida, cui si unisce sovente la Dora Baltea. Per gli effetti prodotti, vanno segnalate anche le piene alimentate dal gruppo dei bacini idrografici più occidentali (dal torrente Maira ai torrenti Stura di Lanzo ed Orco).

Ripetitività e frequenza degli eventi

Lo studio della frequenza assegnabile ai vari fenomeni d'instabilità, presenta maggiori difficoltà rispetto alle procedure d'indagine adottate per l'analisi degli altri due parametri che definiscono il grado di pericolosità in base alla tipologia ed alle possibilità di localizzazione dei processi evolutivi naturali.

Per i motivi generali già esposti in paragrafi precedenti il problema è stato affrontato attraverso un approccio indiretto, fondato sulla valutazione della più probabile distribuzione nel tempo degli eventi idrologici, considerati come primarie cause innescanti.

L'importanza del ruolo attribuibile alle precipitazioni piovose, in merito alla possibilità di innescare fenomeni franosi, è stata verificata in termini quantitativi oltre che nell'ambito dei bacini piemontesi anche su un'area ben più vasta, corrispondente agli interi versanti alpino ed appenninico del sistema idrografico padano.

Con riferimento a questo ampio territorio, la raccolta di dati d'archivio e l'estrazione di notizie dalla letteratura e dalla stampa hanno consentito di selezionare, 743 "casi" di frana, verificatisi nel periodo 1801-1900 in diversi bacini.

I fenomeni segnalati sono stati suddivisi, secondo un criterio geologico-regionale, in tre gruppi che schematicamente corrispondono alle unità alpine costituite da rocce cristalline, alle serie sedimentarie prevalentemente carbonatiche ed in parte vulcaniche delle Alpi meridionali ed ai complessi essenzialmente flyschoidi e marnoso-arenacei dell'Appennino settentrionale e del Bacino Terziario Piemontese.

Le fonti d'informazione non hanno consentito di effettuare precise distinzioni in merito alle dimensioni dei fenomeni, genericamente definiti per lo più "piccoli" "grandi" o "importanti". Una ulteriore distinzione fa riferimento anche alla segnalazione di "numerosi frane", avvenute contemporaneamente su aree circoscritte, comprensiva sia di grandi che di piccoli fenomeni.

Un elemento di rilievo ricavato dalla ricerca è quello

riguardante le relazioni intercorrenti tra processi gravitativi e tipologia delle cause innescanti: il 64% delle frane censite risulta in connessione ad eventi di pioggia; il 2% circa è conseguente a terremoti; il 2,5% appare legata ad attività antropiche. Nel 30,6% dei casi non è stato possibile identificare precise cause.

Si è posto in evidenza inoltre il consistente ruolo di alcuni eventi piovosi concentrati o ricorrenti su un lungo periodo, per i quali sono noti gli effetti disastrosi, anche in riferimento alle piene prodotte nei corsi d'acqua. Rientrano tra questi casi le frane segnalate nel settore alpino occidentale nell'anno 1839, innescate in ottobre in concomitanza a piogge che alle stazioni di Torino e di Ivrea hanno raggiunto nel mese valori di 378 mm e 480 mm rispettivamente, contro un valore medio mensile, quasi secolare, di 117 e 122 mm. Nella zona delle Alpi Meridionali calcareo-dolomitiche si pongono in risalto gli effetti provocati sui versanti dalle piogge del settembre 1882, che ad Asiago ed a Belluno sono risultate cumulativamente pari a 617 e 494 mm, a fronte di un valore medio mensile di 154 mm e 107 mm rispettivamente. Appare infine ancora in maggior rilievo il gran numero di frane verificatesi nella catena Appenninica nel periodo d'anni 1895-1898, caratterizzato da una straordinaria abbondanza di piogge, che mediamente a Bologna ed a Parma risultarono non inferiori a 1040-1050 mm per anno, contro valori medi annuali di 651 mm per la prima stazione e 720 mm per la seconda.

L'analisi delle relazioni intercorrenti tra quantità di pioggia e franamenti diventa più complesso quando si debbono considerare potenziali instabilità coinvolgenti profondamente il substrato roccioso, corrispondentemente alle quali una risposta, in termini di movimenti gravitativi, può manifestarsi con ritardo rispetto all'evento di pioggia, in relazione alle caratteristiche litotecniche dei materiali ed alle condizioni della circolazione idrica sotterranea.

Al fine di ottenere un quadro omogeneo in riferimento specifico a grandi frane in roccia, con volumi coinvolti non inferiori ad alcuni milioni di m³, sono stati presi in considerazione 38 casi ben documentati nella letteratura, distribuiti nell'intero arco alpino su un intervallo d'anni sufficientemente ampio, a partire dal 1500. La distribuzione dei fenomeni nel tempo presenta più periodi con durata all'incirca cinquantennale caratterizzati da maggior concentrazione di frane, separati da intervalli di relativa quiescenza di circa 30 ani. Il 58% delle frane è distribuito nelle serie sedimentarie, soprattutto calcareo-dolomitiche delle Alpi Meridionali, mentre il rimanente 42% riguarda rocce cristalline e metamorfiche delle altre unità strutturali, in Lombardia e Piemonte; i fenomeni risultano in media 6-7 per secolo.

I dati raccolti pongono in evidenza che almeno nel 66% dei casi la causa innescante delle frane è attribuibile alle piogge; raramente si tratta di eventi piovosi eccezionali per estensione ed intensità; caratteristica comune è la loro persistenza su lunghi periodi.

Un'altra più recente indagine svolta con il medesimo obbiettivo, ha riguardato l'intero bacino montano del Fiume Sesia, del torrente Cervo e tributari minori dell'area Biellese-bassa Valle Sesia. Per motivi di omogeneità in questo caso sono stati considerati solo i fenomeni di frana, per lo più di medie e piccole dimensioni, che negli ultimi 100 anni hanno provocato danni in centri abitati, a strade, acquedotti ed infrastrutture varie.

I risultati ottenuti possono esser così sintetizzati: nell'alta valle del Fiume Sesia e nell'alto bacino del tributario torrente Cervo (area tot. 900 km², altit. media 1450 m s.l.m., p.m.a. 1800 mm), le frane censite sono 227, distribuite su un intervallo di tempo pari a 56 anni sui 100 esaminati; mediamente quindi si verifica almeno un fenomeno di frana ogni 21 mesi circa. Il 51,6% dei processi d'instabilità si manifesta nella stagione autunnale, il 27% ed il 15,6% rispettivamente durante la primavera e l'estate. Si è riscontrato infine che il 65,6% delle frane censite sono state innescate da eventi pluviometrici.

Nel settore della bassa Valle Sesia e bacini tributari delle colline biellesi (area tot. 600 km², altit. media 670 m s.l.m., p.m.a. 1550 mm) il numero di frane è 770, distribuite su un periodo di 60 anni e quindi con ricorrenza media di almeno una frana ogni 20 mesi; il 69,7% dei fenomeni si è verificato durante l'autunno, il 15% e l'11,5% rispettivamente nel corso dell'estate e della primavera. In quest'area l'88,3% dei fenomeni risulta strettamente connesso ad eventi di pioggia.

Per quanto riguarda le frane per fluidificazione dei terreni sciolti dalla copertura eluviale, le ricerche compiute in occasione degli eventi pluviometrici avvenuti in Piemonte tra il 1968 ed 1987, hanno portato alla constatazione che quantità confrontabili di fenomeni erano innescate da precipitazioni cumulate talora ben diverse, ma proporzionali ai locali valori della piovosità media annua. In base a questi dati di fatto, si possono dedurre le seguenti considerazioni fondamentali: i vari settori di territorio sono in una situazione di equilibrio dinamico con le locali condizioni idroclimatiche medie che su di essi hanno influito per tempi sufficientemente lunghi. Tale equilibrio può essere più o meno drasticamente modificato, da luogo a luogo, per effetto di pulsazioni corrispondenti ad eventi idrologici straordinari che comportano il superamento delle condizioni limite realizzatesi fino a quel momento.

Sulla scorta di tali criteri si è effettuata una suddivisione del territorio piemontese in zone omogenee per franosità dei terreni superficiali, in funzione di diverse altezze critiche di precipitazione, fornendo altresì un indice significativo del livello di pericolosità in base al diverso grado di probabilità statistica di eventi con valori critici di pioggia pari a quelli individuati.

In base alla serie storica dei dati si è ottenuta inoltre per ciascun settore di territorio una frequenza empirica dei processi di trasporto in massa torrentizio in ambiente alpino. In quanto ai corsi d'acqua più importanti dell'area collinare del Monferrato, le indagini hanno

messo in luce, per il periodo degli ultimi quattro secoli, una frequenza di piene, cui sono associate esondazioni ed intensi processi erosivi, con tempi medi di ritorno pari a 20-30 anni.

Nell'ambito delle piene fluviali nel settore di pianura o nelle grandi vallate si è riscontrata una diffusa tendenza alla ripetitività degli eventi in alcuni bacini o gruppi di bacini, piuttosto che in altri.

Tale situazione è stata dedotta da uno studio riguardante i più importanti fenomeni di piena avvenuti in Piemonte tra il 1801 ed il 1989; le indagini sono state specificatamente finalizzate alla selezione di quei fenomeni alluvionali nei quali erano stati coinvolti più di due bacini o più gruppi di bacini onde identificare, sulla base di una lunga serie di dati (189 anni), il diverso sviluppo spaziale dei maggiori eventi idrologici ed il tipo di associazione più frequente di bacini interessati del medesimo evento. Sugli 80 casi considerati il gruppo costituito dai tre sottobacini del torrente Bormida, torrente Belbo e spesso anche del torrente Orba è presente 44 volte; il gruppo Toce-Sesia e talora Dora Baltea, compare 41 volte ed in molte occasioni, come già fatto cenno, gli eventi di piena, in questi corsi d'acqua, sono concomitanti o solo posticipati di un giorno, rispetto agli eventi riguardanti il gruppo precedente. Più rare le piene nei bacini occidentali tra l'alto Tanaro ed il torrente Orco, per i quali i casi accertati sono solamente 26.

Dalla ricerca è risultato inoltre che quasi tutte le grandi piene del Po, registrate a Pontelagoscuro, in Polesine, dall'inizio del secolo scorso ad oggi, hanno ricevuto un contributo d'importanza determinante dai corsi d'acqua piemontesi e tra questi va ancora una volta menzionato il gruppo Sesia-Bormida e tributari, per la sua partecipazione pressoché costante.

Sulla cartografia alla scala 1:100.000 delle aree esposte a pericolo di allagamenti, sono state delimitate le zone inondabili dalle piene ordinarie (tempi di ritorno inferiori 5 anni), le aree sommergibili durante le massime piene (tempi di ritorno tra 50 e 100 anni), con indicazioni sul tipo di deposito alluvionale prevalente associato ai fenomeni di esondazione.

Quando noti, sono stati indicati in carta i valori delle portate al colmo registrate, od indirettamente valutate, in occasione delle maggiori piene avvenute negli ultimi cinquanta anni.

Parametri per una stima del rischio e condizionamenti connessi alla presenza antropica

Nel contesto del lavoro svolto, elementi di orientamento per una valutazione dei livelli di rischio nel significato già definito, vengono forniti fondamentalmente per applicazioni su punti discreti, con particolare riferimento agli insediamenti abitativi ed alle principali vie di comunicazione.

Una misura del grado di vulnerabilità attribuibile ai centri abitati, anche a livello di frazioni, è stato ottenuto

attraverso un esame della loro localizzazione ed un'analisi delle distribuzioni degli interventi di difesa attuati negli ultimi 50 anni, classificati secondo attitudine ed efficienza a contrastare uno o più tipi di processi. Gli elementi di giudizio così ottenuti integrano il quadro ricavato dalla documentazione storica che evidenzia gli effetti prodotti dagli eventi del passato nei centri abitati, lungo le vie di comunicazione e le opere di attraversamento sui corsi d'acqua. Il rischio per ciascun luogo è valutabile esaminando la frequenza e la tipologia dei fenomeni, nonché la gravità dei danni prodotti negli ultimi 150 anni. Importanza preminente assumono in tal caso i tempi di sviluppo dei fenomeni, in relazione alla possibilità di adottare opportuni sistemi di preavviso.

Per ciò che riguarda in particolare i fenomeni di dissesto per frana od esondazione, avvenuti all'interno di centri abitati del Piemonte, nel periodo compreso tra il 1920 ed il 1981, per il quale sono ricostruibili le caratteristiche idrologiche degli eventi innescanti, l'elaborazione dei dati raccolti ha fornito i seguenti risultati:

- su 1209 comuni della Regione Piemonte, 576, pari al 47,6%, sono stati colpiti una o più volte entro il centro abitato principale o in frazioni contigue, da fenomeni alluvionali e/o da frane;

- un maggior numero di comuni (57%) risulta danneggiato da eventi di piena; tra quelli che hanno subito gli effetti di fenomeni franosi il 61% è distribuito nella zona collinare del bacino terziario piemontese;

- molti comuni come già detto, risultano ripetutamente danneggiati, fino a 6-8 volte; tra questi ultimi compaiono centri abitati importanti come Alessandria, Asti, Vercelli, Moncalieri, Alba, Borgosesia e Verbania;

- nell'ambito dei 62 anni esaminati, il numero di casi riscontrati presenta una notevole variabilità: suddividendo l'intervallo di tempo in 6 periodi di pressoché uguale durata (10-11 anni), si nota che a partire dagli anni 1940 la frequenza dei danni provocati da frane e/o alluvioni nei centri abitati aumenta considerevolmente, fino a raggiungere un massimo nel periodo 1951-1960, mantenendosi comunque su valori elevati anche nei due decenni successivi;

- il progressivo rapido aumento di cui al punto precedente, è in relazione all'aumentata ricorrenza degli eventi idrologici, soprattutto di quelli a maggiore sviluppo spaziale (uguale o superiore a 4000 km²); oltre il 70% dei centri abitati danneggiati nel periodo 1951-1970, risultano colpiti nel corso di tali eventi. Nell'intervallo 1971-1981 hanno avuto invece maggiore incidenza gli eventi locali o comunque riguardanti aree inferiori a 4000 km².

La ricorrenza degli eventi idrologici, per ciascuno dei quali è in corso di completamento l'analisi delle caratteristiche pluviometriche ed idrometriche, non fornisce tuttavia una sufficiente spiegazione dell'aumentato numero di centri abitati danneggiati e dell'incremento nella frequenza con la quale molti di essi sono stati colpiti. È significativo a questo proposito il confronto tra quanto avvenuto nei periodi 1941-50 e 1961-70: il

primo decennio è stato caratterizzato da 6 importanti eventi idrologici, tra i quali 4 di notevole intensità (ott. 1945, sett. 1947, sett. 1948, mag. 1949), cui furono associati, in diversi corsi d'acqua, colmi di piena straordinari, non più superati; il numero di segnalazioni riguardanti centri abitati colpiti da alluvionamento o frane è 188. Nel periodo 1961-1970 gli eventi di notevole sviluppo spaziale furono 4, dei quali solo tre particolarmente intensi, (nov. 1962, ott. 1966, nov. 1968); massimi valori di portata furono registrati solo nel nov. 1968 nei bacini del Sesia e in alcuni tributari del Tanaro. Le segnalazioni di danni subiti da centri abitati sono ben superiori a quelle del periodo precedentemente discusso, essendo 320.

L'insieme dei dati raccolti va esaminato alla luce delle seguenti considerazioni riguardanti il periodo preso in esame:

- dall'abbondante documentazione consultata è risultato che tra il 1920 ed il 1941 i lavori di sistemazione idraulica e soprattutto idraulico-forestale furono abbastanza scarsi nei bacini piemontesi. Questo periodo è caratterizzato invece da una notevole attività nel campo della costruzione di invasi per produzione idroelettrica. La frequenza dei fenomeni idrologici è molto modesta e solo in un caso (agosto 1935) l'intensità dell'evento raggiunge valori eccezionali, pur sempre entro un'area piuttosto limitata;

- il periodo 1941-1960 è caratterizzato per contro da una straordinaria ricorrenza di intensi ed estesi fenomeni alluvionali. Dopo l'evento del nov. 1951 vengono avviate sistematiche indagini da parte degli Uffici del Genio Civile e del Corpo Forestale onde accertare le esigenze di interventi sistematori in tutti i bacini del Piemonte; l'inchiesta si conclude evidenziando necessità di intervento da attuarsi in un decennio per una spesa globale di circa 42 miliardi. Solo una parte modesta dei lavori previsti risultava tuttavia attuata degli anni 1960;

- negli anni compresi tra il 1961 ed il 1981 la frequenza degli eventi di pioggia diminuisce di poco rispetto al periodo precedente; in alcuni casi (1966-1968-1977-1978) l'intensità dei fenomeni è particolarmente accentuata. Questo periodo è caratterizzato da una diffusa, talora incontrollata espansione urbanistica, anche in aree collinari cronicamente instabili. Aumenta sensibilmente tuttavia l'attività dedicata alla costruzione di opere sistematorie, in quasi tutti i bacini compresi nelle aree classificate "territorio montano".

La tabella 1 sintetizza la distribuzione dei casi osservati riguardanti comuni colpiti una o più volte durante i tre accennati periodi, nell'area di pianura e nei settori alpino e collinare. Si può notare che l'unica zona in cui il numero di casi riscontrati tende ad aumentare negli anni recenti è quella corrispondente al settore collinare del bacino terziario piemontese che, sebbene costituito da bacini con diffusa suscettibilità al dissesto, è stato oggetto di più scarsi interventi sistematori essendo in gran parte tale area tra quelle non classificate "territorio montano".

Tabella 1

Numero di casi osservati	1920-40	1941-60	1961-81
<i>Pianura</i> (Area 6.722 km ²)	35	152	105
<i>Zona alpina</i> (Area 12.747 km ²)	74	284	244
<i>Zona collinare</i> (Area 5.945 km ²)	39	257	277

Frequentemente in occasione di fenomeni alluvionali e franosi avvenuti negli ultimi vent'anni, si è constatato come accanto agli effetti connessi alla naturale evoluzione morfologica del territorio, esistano, all'origine di molti danni, implicazioni strettamente legate all'intervento dell'uomo. Le situazioni predisponenti al dissesto, più frequentemente collegate alle varie forme di attività antropica, possono esser così sintetizzate:

- sedi stradali delimitate da ampi tagli del versante senza opere di consolidamento e con inadeguate opere di drenaggio;

- opere di attraversamento dei corsi d'acqua insufficientemente dimensionate con riduzione delle sezioni di deflusso, talora anche per la presenza di rilevati d'accesso su entrambi i lati, parzialmente occupanti l'alveo di piena;

- edifici e manufatti di vario tipo per recupero di spazi edificabili a spese dell'area di naturale espansione del corso d'acqua;

- presenza di discariche negli alvei e carente manutenzione dei medesimi con particolare riferimento alla rimozione di accumuli alluvionali nel letto e di vegetazione arbustiva ed arborea lungo le sponde;

- opere sistematorie a carattere contingente e del tutto locale, con effetti negativi su tratti adiacenti non difesi;

- sviluppo edilizio su settori di conoidi alluvionali ricorrentemente attivi;

- insediamenti abitativi su versanti sede di antiche frane, od alla base di ripidi pendii potenzialmente instabili o destabilizzati per tagli al piede;

- instabilità sui versanti acclivi connesse ad alcuni tipi di pratiche agrocolturali, che per facilitare il lavoro con mezzi meccanici, comportano l'occlusione più o meno estesa della rete idrografica d'ordine inferiore.

La maggior parte degli argomenti ora trattati sono noti non solo a chi si occupa di protezione idrogeologica ma anche a quanti risiedono in zone morfogeneticamente attive. Gli effetti di tali interventi errati sul territorio, se singolarmente esaminati, possono talora apparire modesti per incidenza dei danni localmente prodotti, ma se globalmente considerati, a livello regionale ed a più lungo termine, comportano pesanti costi socio-economici, sia per l'ampia distribuzione dei dissesti innescati che per la loro moltiplicazione e tendenza ad aggravarsi nel tempo.

Considerazioni conclusive

Il lavoro svolto per la individuazione delle aree esposte a pericolo di frane ed esondazioni nella regione piemontese, ha avuto per obiettivo principale quello di produrre due tipi di documentazioni cartografiche: l'una (alla scala 1:100.000) per rappresentare i processi d'instabilità in atto o potenzialmente attivabili, oggettivamente indicati nei loro vari raggruppamenti tipologici e nella loro distribuzione all'interno delle diverse unità litologiche. L'altra (alla scala 1:250.000) per sintetizzare gli elementi precedenti ed integrarne il significato con i parametri di frequenza, evidenziando varie zone omogenee per differenti livelli di pericolosità (cfr. lo schema di fig. 13).

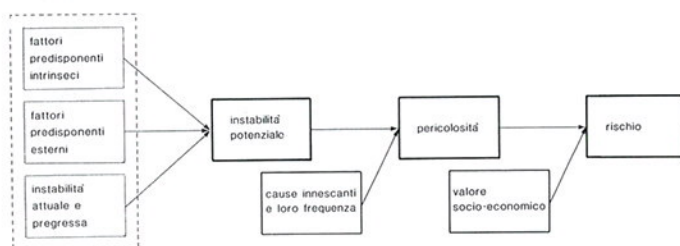


Fig. 13

Non sono stati raccolti dati per definire in termini quantitativi un indice di valore socio-economico attribuibile alle varie unità territoriali; la valutazione di tale parametro richiede apposite analisi specialistiche che non rientrano nelle competenze del geologo o dell'ingegnere. La stima del rischio può esser fatta con esclusivo riferimento alla presenza antropica nelle sue sedi permanenti (centri abitati anche a livello di frazioni); il grado di rischio, sempre molto elevato in questi casi, può variare soprattutto in funzione della tipologia dei fenomeni, in relazione alla possibilità di valutarne la rapidità dei tempi di sviluppo.

È necessario sottolineare inoltre che tra i fattori di pericolo non sono stati considerati la sismicità e le valanghe, problematiche di cui si occupano con una ben distribuita rete di monitoraggio, appositi servizi tecnici regionali.

Nella sua veste attuale, come già sottolineato, la documentazione cartografica prodotta fa riferimento fondamentale alla pericolosità connessa ad eventi pluviometrici; fornisce inoltre elementi di orientamento per valutare la riattivabilità di antichi grandi fenomeni franosi.

I risultati ottenuti, dai quali traspare un quadro precedentemente in gran parte sconosciuto, costituiscono una base conoscitiva da utilizzarsi a livello di programmazione regionale. Ogni applicazione ed areali più ristretti, senza opportuni controlli più dettagliati e verifiche di aggiornamento, sarebbe poco corretta, se non pericolosa, potendo dare un falso convincimento di precisione e completezza della carta, anche là dove gli

elementi di conoscenza riportati sono in parte insufficienti.

Da quanto esposto nelle pagine precedenti emerge la complessità dei problemi trattati, per ciascuno dei quali vengono descritte metodologie e schemi procedurali trasferibili a scale più dettagliate. Ad esempio, un fatto da accertare su aree rappresentative sufficientemente estese, è il grado di ripetitività nel tempo di fenomeni franosi, al fine di confrontarne la diffusione e l'importanza in rapporto ai processi sicuramente classificabili di "primo distacco". I risultati potranno chiarire in quale misura una conoscenza dettagliata della franosità regressa riferita ad un lungo intervallo di tempo, risponda alle esigenze previsionali sulla potenziale instabilità di un territorio.

La previsione deterministica dei processi gravitativi, in riferimento alla loro localizzazione ed in parte anche alla tipologia, ne risulterebbe facilitata. La probabilità di accadimento dei fenomeni, in termini di frequenza nel tempo, allo stato attuale delle conoscenze, sono valutabili solo sul lungo periodo ed in base alla frequenza dei fattori riconosciuti come principali cause innescanti.

Questi ed altri problemi riguardanti il riconoscimento del più probabile meccanismo evolutivo di un fenomeno fin dai suoi primi sintomi, l'identificazione dei valori critici assegnabili ai vari tipi di cause innescanti, la messa a punto della strumentazione più idonea per attivare sistemi automatici di controllo dell'instabilità e la taratura di modelli analitici e numerici per l'elaborazione in tempo reale dei dati di monitoraggio, costituiscono ulteriore materia di studio e di approfondimento.

Il numero di pericoli che oggi minacciano l'integrità dell'ambiente e la vita stessa sembra paradossalmente crescere, anche per entità di danni producibili, in relazione diretta con lo sviluppo economico-sociale e quindi con il progresso culturale e tecnologico raggiunto dalle varie comunità.

Giustamente in anni recenti si sono richieste con fermezza, ed in gran parte sono state ottenute, maggiori garanzie di sicurezza nei luoghi di lavoro e nei pubblici ritrovi; nulla giustifica per contro la sottovalutazione o l'accettazione di rischi naturali o generati da azioni antropiche nell'ambiente che permanentemente ci circonda, laddove con analoghe iniziative codificate o quanto meno attraverso più adeguate forme di comportamento, sarebbe possibile prevenirne i potenziali effetti.

La frattura che si apre con sempre maggiore ampiezza tra quello che si fa e ciò che si dovrebbe fare al fine di evitare i danni di un evento idrometeorologico, è determinata indubbiamente oltre che da fattori economici e speculativi, anche da scarsa conoscenza ed informazione.

A rimuovere quest'ultima motivazione si spera possano effettivamente contribuire i risultati delle ricerche qui esposti, nell'ambito dei quali si è più volte fatto riferimento al maggior numero possibile di dati sui dissesti avvenuti in passato.

L'intera serie di indagini svolte ha posto in luce l'im-

portanza sia sul piano conoscitivo che su quello metodologico, di raccogliere sistematicamente dati e documentazioni circa i fenomeni d'instabilità ogni qualvolta si verificano; ha posto in evidenza inoltre le difficoltà per il reperimento delle notizie pregresse, sia in termini di tempo che di accessibilità alle disperse fonti di informazioni, spesso restie a fornire i dati.

Con soddisfazione pertanto va registrata l'iniziativa assunta dalla Regione Piemonte per salvaguardare il patrimonio di informazioni già esistente e per aggiornarlo con continuità, al fine di costituire una banca-dati, strumento di base indispensabile per ogni attività tecnico-scientifica rivolta alla difesa da eventi naturali.

Bibliografia

ANDERSON M.G., RICHARDS K.S. (1987), *Slope Stability. Geotechnical, Engineering and Geomorphology*. Wiley & Sons, Plymouth 648 pp.

ANSELMO V. (1978), "L'evento idrologico del 19 maggio 1977 nei bacini del Pellice e Germanasca". Atti 16° Conv. Idr. e Costr. Idr., Torino B3, 1-12.

ANSELMO V. (1979), *Il nubifragio del 7 agosto 1978 nel bacino del Toce*. Boll. Ass. Min. Subalpina, 16, 2, 283-300.

ANSELMO V. (1979), *Sul comportamento delle infrastrutture stradali in ambiente alpino nel corso di eventi alluvionali*. Atti Rass. Tecnica Soc. Ingg. e Arch., Torino, 113, 2, 61-73.

ANSELMO V., CARONI E., DI NUNZIO F., GODONE F. (1980), *Precipitazioni di breve durata in Piemonte. Contributo preliminare*. Atti e Rass. Tecnica Soc. Ingg. e Arch., Torino, 113, 9, 315-326.

ANSELMO V., ROLANDO G., TROPEANO D. (1986), *Cenni sull'evento alluvionale del 26-27 agosto 1834 in Valsesia. Sintesi retrospettiva*. Atti e Rass. Tecn. Soc. Ingg. e Arch., Torino, 40 (11-12), 345-347.

AUTORI VARI (1981): *Mapping Geological Hazards*. Engineering Geology Bull., 23, 7-61.

BARISONE G., BOTTINO G., CIVITA M., MASSAZZA G. (1980), *Fenomeni franosi e franosità nel basso Monferrato (Piemonte): analisi della franosità reale e potenziale del Complesso argilloso indifferenziato*. Ass. Min. Subalp., 17, 3-4, 1-60, Torino.

BRUNSDEN D., PRIOR D.B. (1984), *Slope Instability*. Wiley and Sons, Salisbury, 620 pp.

CANCEIL M. (1983), *Risques naturels et théorie mathématique du risque*. Hydrogéologie, Géologie de l'Ingénieur, 2, 137-143.

CARONI E. (1979), *Pluviometria del Biellese Orientale*, Boll. Ass. Min. Subalpina, 16, 4, 889-909.

CARONI E., MARAGA F. (1985), *Flood prediction from channel width in the Po river basin*. Atti del Convegno "Progress in mass movement and sediment transport studies" C.N.R.-P.A.N. Meeting, Torino 5-7 dicembre 1984, 265-275.

CIVITA M. (1977), *La Geologia Tecnica nella pianificazione globale del territorio: schema operativo di cartografia tematica integrata a livello regionale*. Boll. Soc. Min. Subalpina, XIV, 2, 28 pp.

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE (1983), *Eventi alluvionali e frane nell'Italia Settentrionale*. Ist. Protez. Idrogeologica nel Bacino Padano, 486 pp.

CROZIER M.J. (1986), *Landslides. Causes, Consequences & Environment*. Croom Helm, London, 252 pp.

EINSTEIN H.H. (1988), *Landslides risk assessment procedure*. In "Landslides" Proc. Int. Symp. on Landslides, ed. Bonnard, Lausanne 2, 1075-1090.

- GANDINO E., LAVAZZA F., MASSAZZA G. (1981), *I dissesti nei bacini dei torrenti Melezze, Fenocchio e basso Isorno*. Regione Piemonte, Servizio Geologico, Carta alla scala 1:25.000.
- GIODA A. (1978), *Dynamique paroxystique du bas Pellice: aménagement et protection du milieu riverain*. Atti 16° Conv. Idr. e Costr. Idr., Torino, B15, 1-3.
- GOVI M. (1975), *Cartographie, documentation et interprétation de crues et coulées de boue dans les Alpes italiennes*. Atti "Interpraevent" 1975, Innsbruck, 2, 209-224.
- GOVI M., SORZANA P.F. (1980), *Landslide susceptibility in function of critical rainfall depths in Piedmont basins*. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 15, 81-98.
- GOVI M. (1985), *The instability processes induced by meteorological events. An approach for hazard evaluation in the Piedmont region (NW Italy)*. C.N.R.-P.A.N. Meeting on "Progress in Mass Movements and Sediment Transport Studies", Torino 5-7 dic. 1984, 11-19.
- GOVI M., MORTARA G., SORZANA P.F. (1985), *Eventi idrologici e frane*. Geol. Applicata e Idrogeol., 20, (2), 359-375.
- GOVI M. (1989), *The 1987 landslide on Mount Zandila in the Valtellina, Northern Italy*. Landslide News, 3, 1-3.
- GREGORY K.I., WALLING D.E. (1973), *Drainage basin, form and process*. E. Arnold ed., Londra.
- HAIMES Y. (1984), *Integrated risk and uncertainty assessment in water resources within a multiobjective framework*. J. Hydrology, 68, 405-417.
- HARTLEN J., VIBERG L. (1988), *Evaluation des risques de glissement*. In: "Landslides", Proc. Int. Symp. on Landslides, ed. Bonnard, Lausanne, 2, 1037-1057.
- MARAGA F., MORTARA G. (1982), *Le cave per inertì lungo i corsi d'acqua: rapporti con la dinamica fluviale*. Boll. Ass. Min. Subalpina, 18, 3-4, 385-395.
- MC BEAN E., HIPEL K.W., UNNI T.E. (1979), *Input for risk Analysis in water systems*. 480 pp, Fort Collins, Colorado.
- MIN. ENVIRONNEMENT ET DU CADRE DE VIE (1980), *Lutte contre les nuisances des inondations*. B.C.E.O.M., 71 pp.
- MIN. ENVIRONNEMENT ET DU CADRE DE VIE (1981), *Risques géologiques, Mouvements de Terrain*. Bull. di Liaison del Laboratoire des Ponts et Chaussées. 130 pp.
- MORTARA G., TURITTO O. (1989), *Considerazioni sulla vulnerabilità di alcuni siti adibiti a campeggio in ambiente alpino*. Atti Convegno Internazionale Geingegneria "Suolosottosuolo", Torino 27-30 settembre 1989, Ass. Min. Subalpina, (1) 137-144.
- PROJET DUTI (1983), *Rapport d'activité à fin 1982*. Relaz. ined. Ecole Polyt. Federal., Losanna, 130 pp.
- RAMASCO M., SUSELLA G. (1978), *Carta della instabilità idrogeologica in Alta Valle di Susa (scala 1:25.000)*. Regione Piemonte, Servizio Geologico.
- RAMASCO M., ROSSANIGO P. (1988), *Evoluzione morfologica dell'alveo del Torrente Cervo nel tratto di pianura e studio fotointerpretativo dell'inondazione verificatasi il 2-3 novembre 1968*. Provincia di Vercelli, Regione Piemonte, 28 pp.
- REIS R. (1988), *Contributo allo studio sulla dinamica fluviale dei fiumi Cervo e Sesia presso Vercelli*. Boll. Ass. Min. Subalpina, 25, 2-3, 303-314.
- RIVALTA L. (1978), *Linee programmatiche dell'attività della Regione Piemonte nel Campo della pianificazione territoriale*. Regione Piemonte, Atti Convegno "Pianificazione territoriale e geologia", 3-10.
- TROPEANO D., ORSI E., VERCELLOTTI C., MASSOBRIO R. (1987), *Osservazioni sul trasporto solido in sospensione nel bacino del Torrente Erro (Piemonte meridionale). La piena del 24 agosto 1987*. Ass. Min. Subalpina, 24 (3-4), 475-501.
- TROPEANO D., TERZANO P. (1987), *Eventi alluvionali nel bacino del Torrente Belbo: tipologia e frequenza dei dissesti in base a notizie storiche*. Boll. Ass. Min. Subalpina, 24 (3-4), 437-474.
- TROPEANO D. (1989), *An historical analysis of flood and landslide events, as a tool for risk assessment in Bormida Valley*. Atti Convegno Internazionale Geingegneria "Suolosottosuolo", Torino 27-30 settembre 1989, Ass. Min. Subalpina, (1), 145-151.
- TUNG Y.K., MAYS L.W. (1981), *Risk models for flood levee design*. Water Res. Research, 17, 4, 833-841.
- TURITTO O. (1987), *Dinamica fluviale*. In "Manuale per la prevenzione dei pericoli ambientali", Ammin. Prov. di Torino, Torino, 25-35.
- U.S. GEOL. SURVEY (1982), *Goals and Tasks of the Landslide Part of a Ground-Failure Hazards Reduction Program*. Circular 880, 48 pp.
- VARNES D. (1978), *Slope Movements Types and Processes*. In: SCHUSTER R.L. & KRIZEK R.J. (edit.) "Landslides Analysis and Control", Transp. Research Nat. Sc. Spec. Report, 176, Washington, 11-33.
- VARNES D.I. (1981), *The principles and practice of landslide hazard zonation*. Engin. Geology, 23, 13-14.

La Banca Dati Geologica

PAOLO FOIETTA * e FERRUCCIO FORLATI **

* CSI-Piemonte, Settore Territorio

** Settore per la Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico - Regione Piemonte, Torino

Banca Dati Geologica

Con la progressiva sensibilizzazione avvenuta nel corso dell'ultimo decennio verso il tema concernente l'equilibrio ambientale, il Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico, accanto ai compiti istituzionali di controllo e verifica degli aspetti di propria specifica competenza, ha maggiormente accentuato le funzioni di programmazione, coordinamento ed indirizzo delle scelte e degli interventi in campo "geologico" (senso lato).

La conoscenza del territorio in tutti i suoi attributi intrinseci (fisico-ambientali) ed estrinseci (compatibilità ed interrelazioni tra i caratteri fisico-ambientali e le possibili trasformazioni del territorio) rappresenta senza dubbio un aspetto essenziale per lo sviluppo di tale tendenza, colmando la sempre crescente necessità di informazioni (non soltanto quantitativa ed estensiva) indispensabile per la salvaguardia, il rispetto e la corretta gestione dell'assetto "idrogeologico".

Da ciò deriva l'esigenza di poter disporre di un impianto logico delle informazioni sia grafiche che numeriche in modo che ogni singolo parametro possa essere di facile reperibilità, confrontabilità ed aggiornamento.

Ecco quindi motivata la scelta di realizzare una Banca Dati Geologica che, sviluppata e configurata in modo da poter archiviare i dati già preventivamente raccolti in seno allo studio condotto congiuntamente al CNR-IRPI, potesse avere quell'indispensabile carattere di modularità e grado di flessibilità tali da consentire, non solo fasi di aggiornamento future, elaborazioni grafiche e statistico-dimensionali dei dati registrati, ma anche l'eventuale espansione a nuovi archivi, tematismi e la conduzione di ulteriori analisi.

Il progetto si sviluppa a partire dal 1985 su due principali obiettivi generali:

- offrire un supporto all'attività di controllo del territorio regionale attraverso il miglioramento degli strumenti informativi;
- organizzare la raccolta dati e relazioni tecnico-scientifiche, frutto di ricerche e studi sul territorio, e implementare un sistema di gestione della documentazione.

Tali obiettivi vengono perseguiti attraverso attività finalizzate da una parte all'acquisizione di una base di

dati necessaria e sufficiente per l'avvio del sistema informativo del Settore, dall'altra alla formazione di una prima serie di strumenti informatici atti alla gestione dei dati acquisiti ed alla razionalizzazione e automatizzazione delle attività proprie del Settore.

Da un'analisi complessiva delle funzioni svolte dal Settore è stato possibile individuare diverse classi relazionate in modo indiretto con fabbisogni di tipo informatico (dati disponibili in input) o con necessità di gestione dei dati prodotti attraverso le attività del Settore stesso (output).

Il risultato di tale analisi ha consentito di individuare due diversi strumenti orientati alla gestione del Settore:

- la Banca Dati dei Processi Geologici connessi con eventi idrometeorologici;
- la Banca Dati della Documentazione.

Il Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico, avvalendosi del contributo del CSI-Piemonte, ha così elaborato un criterio di organizzazione delle informazioni disponibili mediante la trasposizione informatica dei dati in archivi cartografici e tabellari (fig. 14).

Partendo dai numerosi dati a valenza geologica ed idrologica raccolti nelle diverse carte tematiche e facendo riferimento a criteri di:

- disaggregazione massima delle informazioni (differenziazione e distinzione dei diversi tematismi riportati nel medesimo elaborato),
 - separazione dei singoli processi geologici ed individuazione dei loro singoli attributi,
 - georeferenziazione del processo (a cui è stato attribuito un codice identificativo univoco) rispetto all'ambito fisiografico (bacino, fiume) e all'ambito amministrativo e geografico (comune, centro abitato, località),
- è stato possibile creare, oltre agli archivi cartografici, anche gli archivi informatici costituiti da files di dati referenziati, realizzando in tal modo la Banca Dati dei Processi Geologici (BDPG).

Parallelamente, partendo dagli archivi "cartacei" del Settore, costituiti da materiale fotografico, aero-fotografico, studi, rapporti interni, pubblicazioni, riviste, articoli, articoli scientifici, relazioni, monografie, atti di convegni, di seminari, elaborati cartografici, ecc., e rispondendo ad una esigenza di ordinamento e georeferenziazione, si sono potuti creare gli archivi in-

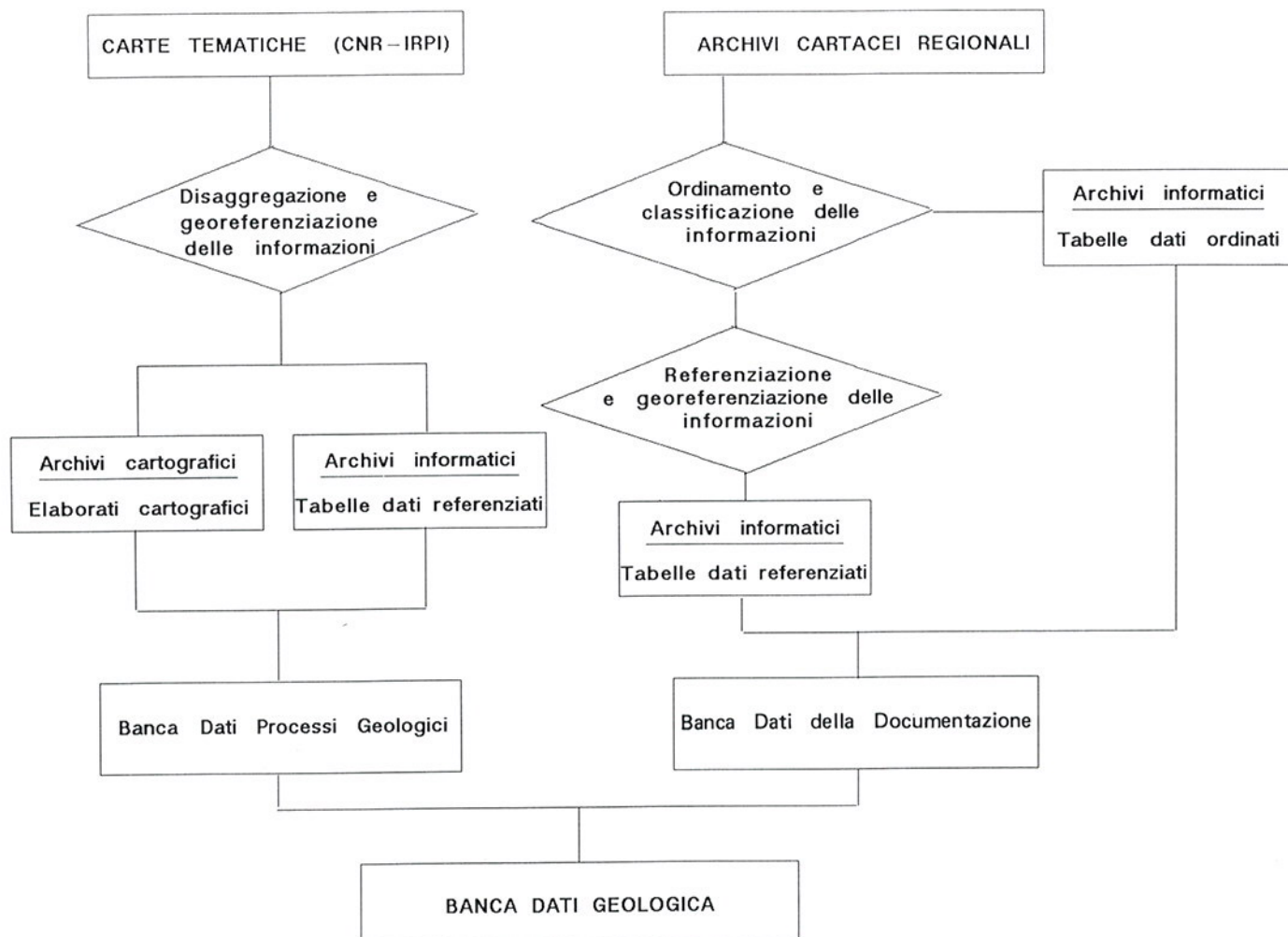


Fig. 14. *Strutturazione della Banca Dati Geologica.*

formatici della Banca Dati della Documentazione (BDD), costituiti da tabelle di dati referenziati ovvero riferiti ai singoli processi geologici distinti, classificati e ordinati all'interno degli archivi nella BDPG. In tal modo è stato attivato uno stretto rapporto di interconnessione e di integrazione reciproca delle due banche dati, determinando così le premesse per la realizzazione di un'unica Banca Dati Geologica (BDG).

Banca Dati dei Processi Geologici: Formazione della base informativa cartografica numerica

La formazione della base informativa ha richiesto l'esecuzione di una serie di diverse fasi operative di cui occorre precisare il significato, il peso e gli eventuali limiti.

Le diverse fasi operative sono riassunte in un flow complessivo (fig. 15); per ogni fase operativa viene fornita una descrizione della metodologia seguita, delle attività svolte, dei soggetti coinvolti e del loro ruolo, delle verifiche effettuate, e vengono dichiarati i limiti riscontrati.

Fase 1: *Elaborazione di una metodologia per l'acquisizione ed il caricamento delle informazioni contenute nella carta dei processi geologici connessi agli eventi idrometeorologici, definizione dei criteri inerenti la costituzione del sistema informativo cartografico numerico e della Banca Dati Geologica.*

La prima fase operativa ha portato alla definizione della metodologia da seguire nel processo di acquisizione dei dati: sono stati esaminati i supporti cartografici originali, sono state definite le tematiche da acquisire, sono state individuate le modalità di ridisegno, le tipologie di codifica degli elementi territoriali, delle tematiche e le modalità di utilizzo delle informazioni acquisite.

I soggetti coinvolti nell'attività sono stati il Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico ed il Csi-Piemonte; la risultante delle attività svolte è consistita nella formalizzazione di specifiche tecniche di acquisizione, costantemente calibrate in corso di attività.

Definite nel loro complesso e nei rapporti di mutua interdipendenza le successioni sequenziali e logiche delle differenti operazioni che hanno concorso alla realizzazione della BDG, si è passati all'attivazione della fase preliminare posta a "monte" della Fase 2 (fig. 15) e che

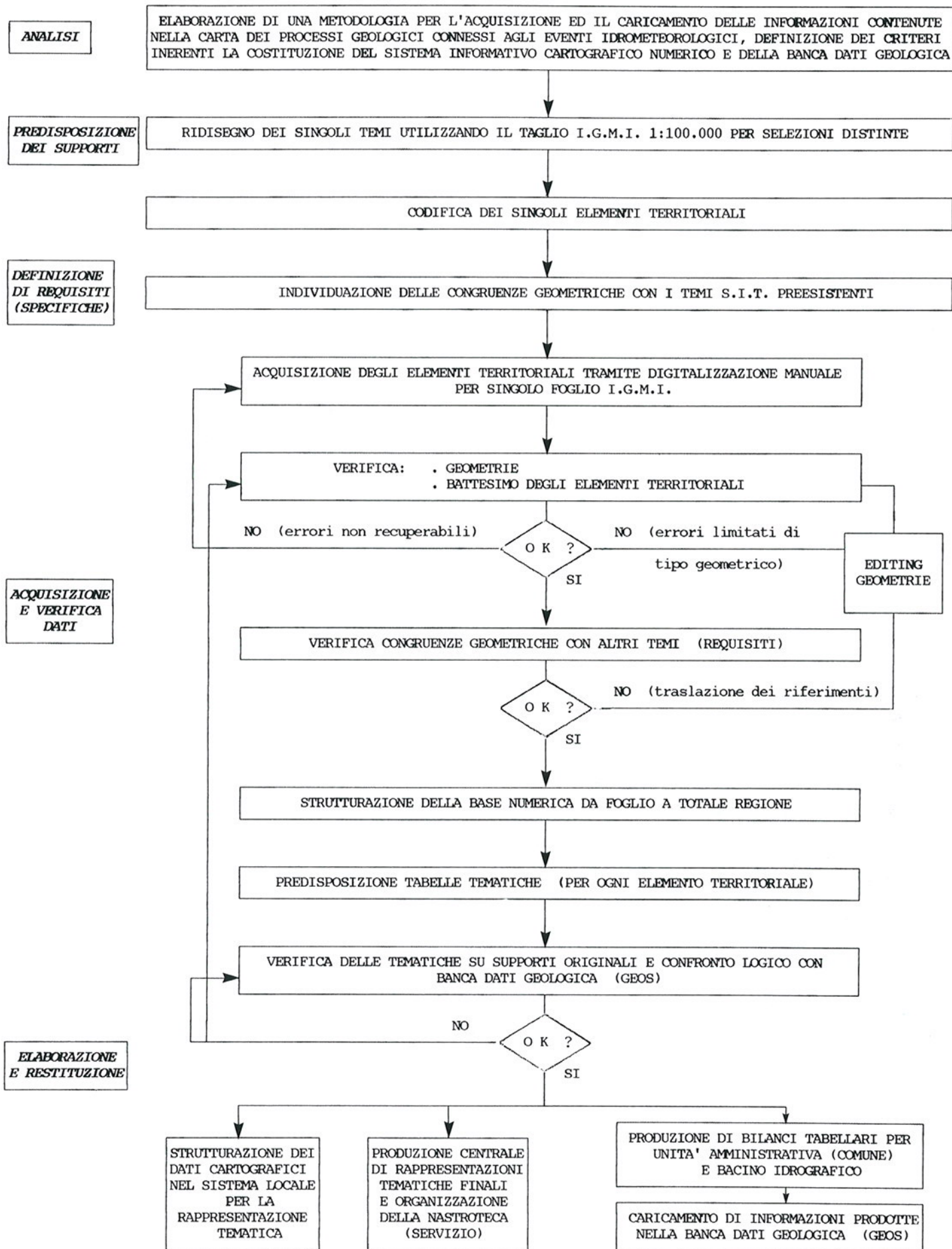


Fig. 15. Il processo di formazione della base informativa. Processi geologici connessi agli eventi idrometeorologici.

si è sviluppata, relativamente agli aspetti concernenti la BDPG, in accordo con lo schema sinteticamente riportato di seguito (fig. 16).

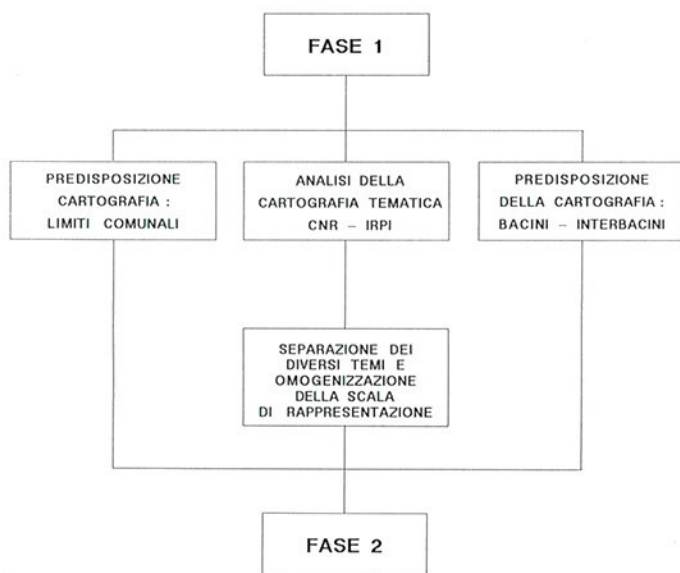


Fig. 16. Articolazione della fase preliminare.

Il primo passo è consistito nella raccolta e nell'esame delle numerose carte tematiche elaborate in seno allo studio inerente la valutazione della pericolosità connessa ad eventi idrologici.

Dall'analisi della documentazione disponibile (vedi tabella 2) sono stati evidenziati i seguenti aspetti:

- diversa scala di rappresentazione degli elaborati;
- differente anno di aggiornamento dei tematismi;
- carattere preliminare dei titoli e delle legende di alcuni elaborati;
- elaborati cartografici in parte disegnati su supporto originale in parte riprodotti su copie eliografiche.

Con l'intento, quindi, di organizzare e predisporre questa considerevole mole di informazioni per una immissione organica negli archivi della banca dati ed attraverso uno stretto rapporto di collaborazione con i ricercatori del CNR-IRPI di Torino, sono state predisposte le carte tematiche definitive rivedendone e talora integrandone i contenuti delle legende e delle note esplicative; allo stesso modo è stato possibile verificare inoltre le informazioni riportate in alcuni elaborati cartografici alla luce degli aggiornamenti trascritti sugli appunti di lavoro o di campagna.

Per l'impostazione data al lavoro la scala adottata è la seguente:

- 1:100.000 per predisposizione dei lucidi di base elaborati per ogni tematismo in modo da consentire la prima fase di digitalizzazione delle geometrie;
- 1:100.000 per le restituzioni cartografiche definitive;
- 1:100.000 per la georeferenziazione dei processi geologici rispetto al Comune e al bacino;

- 1:25.000 per la georeferenziazione rispetto al centro abitato, alla località, al fiume, torrente o corso d'acqua;
- 1:250.000 per le restituzioni cartografiche inerenti rappresentazioni di sintesi.

Conclusa la fase di analisi del materiale disponibile si è reso indispensabile, ai fini della georeferenziazione dei diversi processi, predisporre e/o raccogliere le cartografie di supporto necessarie.

Il riferimento al bacino idrografico ha comportato la suddivisione dell'intero territorio in bacini principali, in interbacini e in bacini minori.

La distinzione è avvenuta mediando un criterio rigoroso di gerarchizzazione dei tributari e dei bacini attraverso esigenze di carattere pratico derivanti dalla necessità di privilegiare, per un immediato reperimento delle informazioni, il riferimento toponomastico.

In tal modo molti bacini minori, che avrebbero dovuto essere classificati correttamente come interbacini, sono stati in realtà distinti in funzione del nome del corso d'acqua di ordine superiore che li attraversa. Sono stati invece classificati come interbacini i bacini che alimentano direttamente i corsi d'acqua principali (di ordine gerarchico più elevato) senza talora distinguere tra interbacino in destra e in sinistra orografica.

Adottando il medesimo approccio, come si può notare nell'estratto cartografico esemplificativo di figura 17 e dall'esame della tabella 3, talvolta si è suddiviso il bacino minore in due sottobacini differenziati in "alto" e "basso".

La delimitazione tra i due sottobacini, pur non essendo stata casuale, è derivata da esigenze spesso diverse: talora dall'esistenza di stazioni idrometrografiche localizzate in quella specifica zona di demarcazione; talvolta dalla disponibilità di valori di portata ricavati da misure indirette, altre volte da considerazioni di carattere geomorfologico; oppure dal diverso tipo di attività, tendenza evolutiva e dalle differenti caratteristiche idrologiche del corso d'acqua nei due tratti a monte e a valle, dalla diversa densità di informazioni e dati disponibile nelle aree dei due sottobacini, ecc.

Fase 2: Ridisegno dei singoli temi utilizzando il taglio I.G.M. 1:100.000 per selezioni distinte e codifica dei singoli elementi territoriali.

Con l'intento di consentire una corretta operazione di prima digitalizzazione delle geometrie, si sono trasposte graficamente, su supporto trasparente, le delimitazioni di tutti i processi relativi a ciascuna tematica opportunamente distinta e disaggregata dalle altre.

Una tale metodologia ha in sé vantaggi e svantaggi: da un lato consente una acquisizione più efficiente in termini di velocità, controllo degli errori, definizione precisa e puntuale dei geocodici, dall'altro pone, in fase di ridisegno, problemi di qualità nella sovrapposizione dei supporti derivati con il supporto originale. Tali errori, anche contenuti, si traducono poi in fase di digitalizzazione in un possibile aumento dell'errore di

DENOMINAZIONE	ANNO DI ELABORAZIONE	TEMATISMI	SCALA RAPPRESENTAZIONE	SCALA RILEVAMENTO
Carta di sintesi dei dissesti in atto e potenziali	1978 - 1982	- Frane antiche e recenti (attive, quiescenti)	1:100.000	(1) 1: 25.000 1:100.000
	1978 - 1982	- Aree alluvionate e/o allagate lungo i corsi d'acqua con indicazioni sulla frequenza dei fenomeni negli ultimi 100 anni	1:100.000	1:100.000
	1978 - 1982	- Portate massime misurate e valutate	/	/
	1978 - 1982	- Settori di versante maggiormente vulnerabili durante eventi idrologici per potenziale e diffusa franosità dei terreni superficiali	1:100.000	1:100.000
	1982 - 1984	- Unità litologiche	1:100.000	1:100.000
	1978 - 1982	- Conoidi potenzialmente attive	1:100.000	1:100.000
	1978 - 1982	- Casi documentati di violenta attività torrentizia in tributari minori	1:100.000	1:100.000
	1978 - 1982	- Tronchi d'alveo distinti in funzione della stabilità plano-altimetrica degli alvei e processi prevalenti che li riguardano (erosivi e/o deposizionali)		
Carta preliminare delle zone omogenee per livelli di rischio geologico	1978 - 1982	- Zonizzazione del territorio piemontese in sei differenti classi di rischio geologico definite in termini quantitativi probabilistici in base alla distribuzione spaziale dei processi e in funzione dei tempi di ritorno degli eventi	1:250.000	1:250.000
Carta dei danni	1978 - 1984	- Segnalazione dei danni subiti da centri abitati, tronchi stradali e ponti con indicazione sulla tipologia dei processi che li hanno determinati e la frequenza con cui si sono ripetuti negli ultimi 100 anni	1:250.000	1:100.000
(*) Carta della frequenza dei fenomeni di trasporto in massa connessi all'attività dei tributari minori	1982 - 1984	- Dati documentati di violenta attività torrentizia in tributari minori	1:250.000	1:100.000
(*) Carta delle frane	1982 - 1984	- Frane antiche, recenti, attive, quiescenti, distinte in funzione della diversa tipologia e dell'ambiente caratteristico in cui si sviluppano	1:100.000	1: 25.000 1:100.000
(*) Carta delle aree alluvionate e/o allagate lungo i corsi d'acqua	1982 - 1984	- Aree alluvionate e/o allagate lungo i corsi d'acqua con indicazioni sulla frequenza dei fenomeni negli ultimi 100 anni e individuazione del tipo di materiale depositato durante l'evento di piena	1:250.000	1:100.000
(*) Carta dei tronchi d'alveo distinti in funzione del grado di stabilità degli alvei	1982 - 1984	- Tronchi d'alveo distinti in funzione della stabilità plano-altimetrica degli alvei e processi prevalenti che li riguardano (erosivi e/o deposizionali)	1:250.000	1:100.000

(*) Titolo puramente indicativo dedotto dai contenuti della carta tematica (le cartografie originali mancavano di un titolo definitivo).

(1) Scala di lavoro impiegata solo in alcuni settori in cui la densità dei fenomeni franosi era molto elevata.

Tabella 2. Cartografie tematiche elaborate in seno alla ricerca condotta negli anni 1978-1984 e tesa a valutare la pericolosità connessa ad eventi idrologici nella Regione Piemonte.

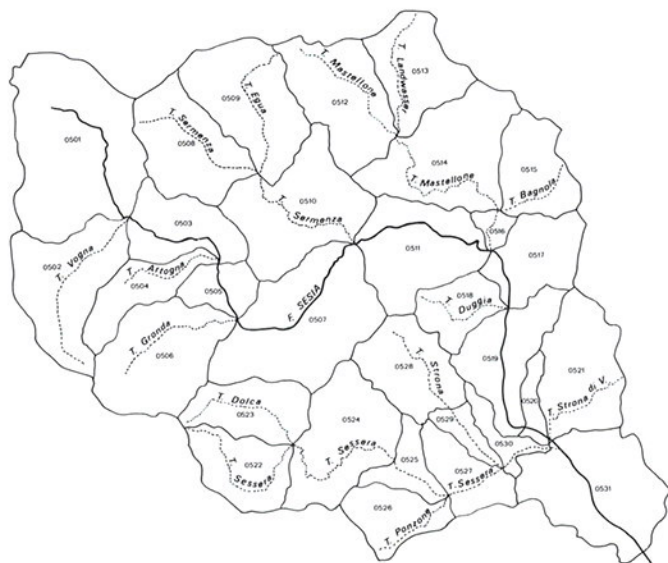


Fig. 17. Suddivisione del bacino idrografico del Fiume Sesia in bacini minori.

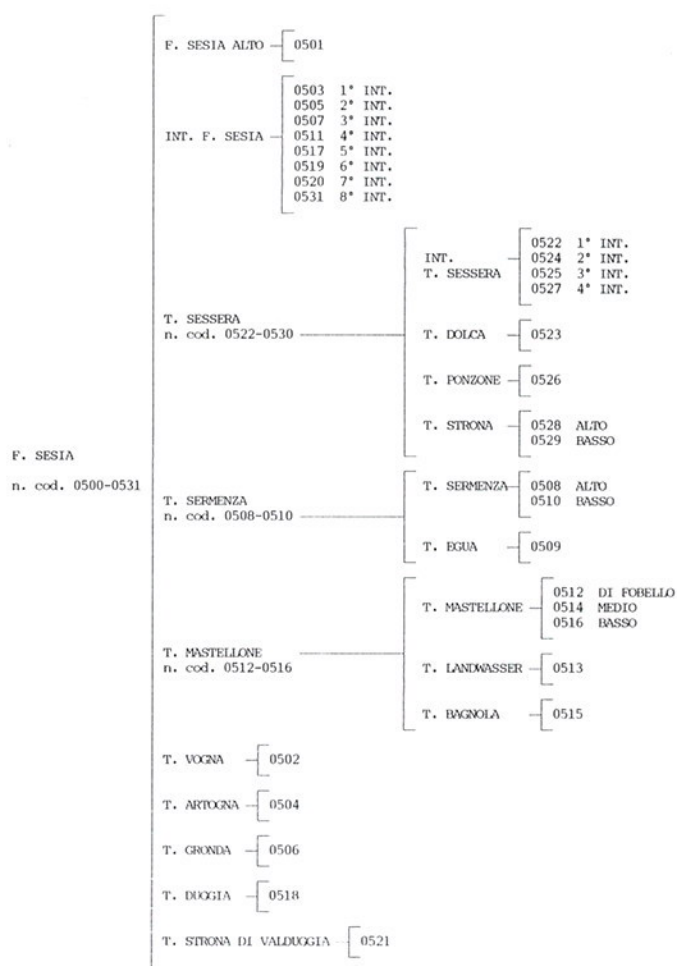


Tabella 3. Schema di suddivisione del bacino idrografico del Fiume Sesia in bacini minori.

graficismo, dato dalla sommatoria degli errori di ridisegno, presa dei punti di controllo, e degli errori di digitalizzazione.

Si è comunque deciso di intraprendere la strada del ridisegno, cercando di controllare la precisione della cartografia numerica prodotta contenendo il più possibile l'errore di acquisizione.

Per ogni tema è stata poi definita una codifica (geocodice) per ogni informazione elementare in esso contenuta utilizzando una numerazione progressiva (numerico); tale codifica è stata riportata dai tecnici del Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico sui supporti originali e utilizzata nelle operazioni di caricamento della Banca Dati Geologica (GEOS); la geocodifica si configura come il "link" tra le informazioni cartografiche ed alfanumeriche che costituiscono il sistema informativo.

L'attività di codifica risulta quindi fondamentale per consentire successivamente la gestione della singola informazione: una specifica frana, una univoca area inondabile, il crollo, l'informazione relativa ad una specifica portata. Ad ognuno di tali elementi territoriali sono successivamente associate le diverse informazioni tematiche intese come specifici attributi di tale elemento.

Fase 3: Individuazione delle congruenze geometriche con i temi preesistenti del Sistema Informativo Territoriale Ambientale (S.I.T.A.).

Per ogni tema individuato sono state definite le congruenze geometriche necessarie con i livelli disponibili nel Sistema Informativo Territoriale Ambientale (S.I.T.A.); in particolare si sono individuati come riferimenti "geometrici" i livelli:

- idrografia (acquisito da selezione I.G.M. 1:100.000)
- viabilità
- centri edificati
- limiti amministrativi regionali.

È stata quindi definita una tabella delle congruenze (tabella 4) che individua le congruenze necessarie tra questi temi e i temi geologici specifici.

	IDROGRAFIA	VIABILITA'	EDIFICATO	LIMITI AMMINISTR. REGIONALI
Aree Inondabili	*			*
Frane				*
Portate	*			*
Conoidi	*			*
Crolli				*
Aree Instabili				*
Danni	Centri Abitati		*	*
	Rete Viaria	*		*
	Ponti	*		*
Litologia				*
Tributari Minori	*			*
Tronchi d'Alveo	*			*
Bacini	*			*

Tabella 4. Congruenze geometriche con i temi S.I.T.A.

Fase 4: Acquisizione degli elementi territoriali tramite digitalizzazione manuale per singolo foglio I.G.M. (1:100.000).

Le operazioni di acquisizione sono state eseguite attraverso digitalizzazione manuale dai supporti predisposti dai tecnici del Settore.

In fase di digitalizzazione si è operata interattivamente la codifica degli elementi territoriali (aree, punti, catene).

La digitalizzazione delle aree contigue è avvenuta utilizzando il sistema DIME che consente una acquisizione unica di tratti appartenenti a due poligoni.

L'acquisizione è stata eseguita separatamente per i diversi fogli I.G.M. rimandando a fasi operative successive i problemi di giunzione dei fogli in un'unica base informativa.

Il trattamento separato dei temi, da selezioni diverse afferenti allo stesso foglio, ha causato, nelle diverse acquisizioni, problemi di corrispondenza con l'originale su base unica, determinando in due passaggi la somma dei possibili errori massimi di graficismo (0,30 mm del ridisegno + 0,30 mm della digitalizzazione).

È stato quindi necessario condurre un rilevante lavoro di editing grafico per riportare tale errore negli ammissibili 0,5 mm (alla scala 1:100.000, corrispondenti a 50 metri sul terreno).

Le diverse operazioni di acquisizione sono state condotte da personale Csi-Piemonte a partire dal 1985; complessivamente sono stati acquisiti 18 temi organizzati in 44 files, per un totale di quasi 2.000.000 di punti digitalizzati.

Fase 5: Verifica delle geometrie, verifica del codice dei singoli elementi territoriali, verifica delle congruenze geometriche con altri temi del S.I.T.A.

Tali operazioni sono state condotte ripetutamente dai tecnici del Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico, sulla base dei plottaggi prodotti per ogni singolo tema (almeno 2).

Sul plottaggio sono stati indicati dai tecnici del Settore gli errori riscontrati, sia di tipo geometrico (verifica per sovrapposizione del plottaggio sul supporto originale), sia di tipo logico (attribuzione errata del geocodice). Ad ogni verifica corrispondono successivamente, per ogni tema, operazioni di editing grafico, che producono un nuovo ciclo di verifica fino alla certificazione della corretta trasposizione dei dati concernenti il tema specifico.

Fase 6: Strutturazione della base numerica da Foglio I.G.M. a totale Regione.

Si è già detto come l'acquisizione delle informazioni cartografiche sia stata effettuata sui fogli I.G.M. 1:100.000. Il passaggio delle informazioni numeriche strutturate per foglio I.G.M. ad una base numerica complessiva per il totale Regione risulta essere un'operazione complessa e cartograficamente di dubbia correttezza.

La carta topografica d'Italia alla scala 1:100.000 utilizza infatti la proiezione conforme di Gauss-Boaga, con ellissoide internazionale e orientamento a M. Mario.

Le carte riportano, oltre ai vertici espressi con tale sistema di coordinate, un reticolato chilometrico impiegando la proiezione conforme universale trasversa di Mercatore (U.T.M.); il passaggio da un sistema all'altro

di coordinate è facilmente realizzabile mediante tabelle o algoritmi di conversione. Il S.I.T.A. è memorizzato con coordinate numeriche espresse secondo la proiezione U.T.M.

L'elemento base della carta alla scala 1:100.000 è il foglio che comprende un'area di 30' in longitudine per 20' in latitudine. La carta è attualmente inquadrata secondo il reticolato geografico riferito all'Ellissoide Internazionale, ma fino al 1940 l'ellissoide di riferimento era quello di Bessel. Ciò significa che, pur utilizzando tutte le carte lo stesso riferimento (Gauss-Boaga/UTM), gli elaboratori cartografici di impianto antecedente al 1940 sono stati ritagliati sul territorio con un reticolato diverso dall'attuale, dando luogo, nelle zone di confine, a sovrapposizioni o scostamenti. Praticamente, ciò significa che esistono porzioni di territorio cartografate due volte, cioè riportate su due fogli adiacenti, o non cartografate affatto.

Per quanto riguarda il territorio della Regione Piemonte esso risulta coperto da 30 fogli I.G.M. alla scala 1:100.000, dei quali 18 utilizzano ancora l'ellissoide di Bessel (sono anteriori al 1940) e 12 l'ellissoide Internazionale.

Gli scostamenti e sovrapposizioni sono nell'ordine di 20-60 m in direzione N-S e di 80-100 m in direzione E-O.

Per la distribuzione dei fogli tra i due ellissoidi risultano quindi non cartografate fasce di territorio in senso N-S tra i fogli 56 e 57, 69 e 70, 79 e 80; in senso E-O tra i fogli 5 e 15, 44 e 58, 68 e 80, 69 e 81, 71 e 83, 79 e 90 (vedi fig. 18).

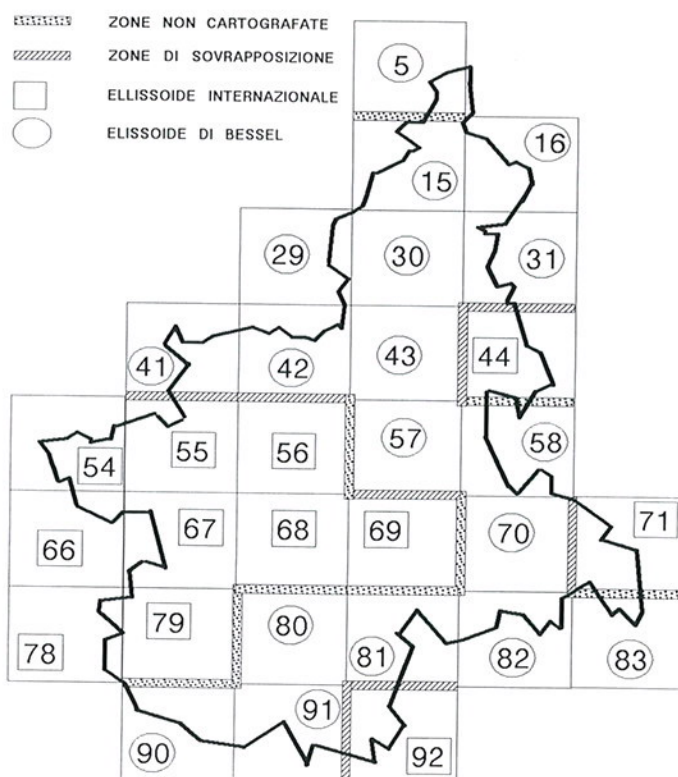


Fig. 18. Cartografia I.G.M. scala 1:100.000 relativa alla Regione Piemonte.

L'operazione di unificazione della base numerica è stata compiuta da un lato eliminando le aree di sovrapposizione (correttamente), dall'altro interpretando tramite algoritmi di "fitting" e compensazione le informazioni dei fogli contermini, introducendo quindi per analogia nuove informazioni nel sistema informativo cartografico.

Fase 7: *Predisposizione tabelle tematiche (per elemento territoriale).*

Certificati per ogni tema gli elementi geometrici ed i geocodici, vengono predisposte le tabelle tematiche nella forma di files di corrispondenza elemento territoriale-valore tematico. Il valore tematico può assumere anche più di un valore (ad esempio tipologia e dimensione).

Le tabelle prodotte sono successivamente utilizzate per la creazione delle carte tematiche e per la definizione di bilanci complessivi.

La tabella tematica è stata definita dai tecnici del Settore sulla base della cartografia originale e realizzata operativamente dai tecnici del Csi-Piemonte.

Fase 8: *Verifica delle tematiche e confronto logico con le informazioni contenute nella Banca Dati Geologica.*

Le diverse tabelle tematiche prodotte consentono la generazione di una prima serie di carte tematiche. Tali carte vengono sottoposte a verifica da una parte del Settore (sovrapposizioni e confronto con originali). Dove è possibile (ad esempio bacini idrografici, tributari minori, ecc.) viene inoltre condotta una verifica logica delle informazioni confrontando automaticamente le tabelle tematiche con informazioni contenute nella Banca Dati dei Processi Geologici (GEOS), generando tabelle delle incongruenze logiche da sottoporre a verifica.

Fase 9: *Strutturazione dei dati cartografici nel Sistema Locale per la Rappresentazione Tematica.*

Il complesso delle informazioni cartografiche risulta certificato e strutturato su base regionale e disponibile presso il Csi-Piemonte per garantire una gestione centrale della base di dati.

È stato inoltre previsto un primo livello di decentramento della base presso il Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico.

È stato quindi realizzato dal Csi-Piemonte un sistema per il disegno delle informazioni cartografiche basato su P.C. Tale sistema, dato il nome dell'entità territoriale da rappresentare e selezionati i temi da disegnare nel repertorio di quelli disponibili, ne permette il disegno su plotter (massimo formato A1), con l'indicazione opzionale dei geocodici degli elementi territoriali presenti.

Fase 10: *Produzione presso il Csi-Piemonte delle Carte Tematiche finali e organizzazione del Servizio di nastroteca.*

In conclusione delle attività di formazione della base cartografica numerica, è stata concordata la produzione

complessiva di carte tematiche relative a tutti i temi disponibili nel sistema informativo.

Complessivamente le carte prodotte in originale superano le 240 tavole.

Per ottimizzare un servizio di produzione delle copie per l'utenza regionale ed esterna alla Regione, si è inoltre provveduto all'organizzazione di una nastroteca per consentire la restituzione delle tavole tramite plotter elettrostatico al solo costo di plottaggio.

Fase 11: *Produzione di bilanci tabellari per Unità Amministrativa (comune) e Bacino Idrografico, e caricamento delle informazioni prodotte nella Banca Dati Geologica (GEOS).*

A partire dalle informazioni tematiche prodotte con le attività di formazione della base informativa cartografica, sono stati prodotti bilanci qualitativi e quantitativi, utilizzati successivamente per l'implementazione di alcuni livelli informativi della Banca Dati Geologica (GEOS).

Dai dati cartografici sono stati prodotti per ogni tema elenchi degli elementi presenti per unità territoriale (comune e bacino) e sintesi statistiche relative alla superficie (per informazioni areali) o relative alla frequenza (informazioni puntuali, simboli, catene).

Le sintesi di superficie sono state prodotte formando bilanci al discreto (con la procedura "modelli digitali") del singolo tema e incrociando successivamente il modello prodotto con i limiti amministrativi comunali e le aree a bacino idrografico.

Banca Dati dei processi geologici: Il contenuto della base informativa cartografica numerica

L'elenco dei temi acquisiti, il modello organizzativo degli stessi, la struttura e le principali caratteristiche della base prodotta sono indicati nella figura 19.

Da un punto di vista funzionale la base informativa è stata strutturata in 6 diverse aree tematiche (o archivi), a loro volta suddivisi in temi a cui corrispondono files cartografici.

Ogni informazione elementare è individuata da un proprio geocodice che l'individua univocamente; ad ogni informazione elementare (geometricamente un punto, un'area, una catena) vengono associate le informazioni tematiche atte a caratterizzarla: l'area tematica a cui appartiene, la classe tematica che le è stata attribuita.

Attraverso le relazioni topologiche proprie di un sistema informativo risulta quindi agevole mettere in relazione diversi temi, produrre bilanci qualitativi e quantitativi per unità di riferimento (comune, bacino idrico, ecc.), produrre carte derivate.

AREE TEMATICHE (ARCHIVI)	TIPOLOGIE TEMATICHE (TEMI)	FILES CARTOGRAFICI	TIPOLOGIA DELLE INFORMAZIONI GEOMETRICHE	TIPOLOGIA DELLA CODIFICA		NUMERO DELLE INFORMAZIONI ELEMENTARI	OCCUPAZIONE FISICA IN KB
				ELEMENTO TERRIT.	TEMATICA		
PROCESSI LUNGO I VERSANTI	Frane cartografabili: — Attive (4)	Corrispondenti alle tipologie tematiche (4)	Aree	Geocodice interno al file	None del file	2.232	500
	— Quiescenti (4)	(4)	Aree			4.218	900
	— Altro (2)	(2)	Punti (simboli fissi e variabili)			195	6
	Frane non cartografabili (1)	(1)	Punti (simboli fissi)	"	None del file	96	1
	Crolli in massa (1)	(1)	Aree			269	60
	Crolli incanalati (1)	(2)	Punti (simboli variabili per dimensione e orientamento)	"	Tabella di cross reference	154	4
	Crolli delimitabili (1)	(3)				127	5
	Aree vulnerabili da frane per fluidificazione dei suoli (1)	Corrispondenti alle tipologie tematiche	Aree	"	None del file	2.380	2.800
	Aree inondabili: - ricorrenza (3) - materiali depositati (3)	Corrispondenti alle tipologie tematiche (6)	Aree	Geocodice interno al file	None del file	482	600
	Tributari minori (8)	(1)	Catene	"	Tabella di cross reference	7.809	1.000
PROCESSI LUNGO LA RETE IDROGRAFICA	Conoidi potenzialmente attive (1)	Corrispondenti alle tipologie tematiche	Aree	"	None del file	538	150
	Portate (2)	Corrispondenti alle tipologie tematiche	Punti (simboli fissi)	Geocodice interno al file	Tabella di cross reference	115	2
CARATTERISTICHE DELLA RETE IDROGRAFICA	Alveo-tipi (11)	(1)	Catene	"	"	18.346	2.500
DANNI ALLE PRINCIPALI INFRASTRUTTURE VIARIE ED AI CENTRI ABITATI	Danni ai centri abitati (54)	(1)	Punti (simboli variab. per dimens.)	"	Tabella di cross reference	1.109	17
	Danni alla rete viaria (8)	(1)	Catene			1.507	250
	Danni ai ponti (1)	(1)	Punti			632	9
LITOLOGIA	Unità litologiche (14)	Corrispondenti alle tipologie tematiche (14)	Aree	"	None del file	7.933	3.500
BACINI IDROGRAF.	Bacini (1)	(1)	Aree	"	==	510	3.000

Figura 19.

Strutturazione dei dati cartografici relativi ai processi geologici connessi agli eventi idro-meteorologici e loro denominazione.

Le diverse aree tematiche in cui è stata organizzata la base informativa sono le seguenti:

- processi lungo i versanti;
- processi lungo la rete idrografica;
- caratteristiche della rete idrografica;
- danni alle principali infrastrutture viarie ed ai centri abitati;
- litologia;
- bacini idrografici.

Processi lungo i versanti

L'area tematica è suddivisa nei seguenti temi:

- 1) frane cartografabili;
- 2) frane non cartografabili;
- 3) crolli;
- 4) aree vulnerabili da frane per fluidificazione dei suoli.

Frane cartografabili

Si tratta di frane aventi superficie superiore ad 1 ettaro, rappresentate sulla cartografia tramite aree variamente colorate in funzione della tipologia di movimento, dell'ambiente caratteristico e dell'attività. Complessivamente gli archivi relativi al tema specifico sono costituiti da 6.450 aree e 195 punti (corrispondenti a simboli) per un'occupazione fisica di 1.406 Kb. Ad ogni informazione elementare (frana) sono associati i seguenti dati:

- codice cartografico del processo;
- classificazione della frana in base all'attività (ricorrentemente attiva negli ultimi 30 anni; in condizioni di quiescenza);
- tipologia;
- ambiente caratteristico;
- numero dei settori particolarmente attivi;
- indici morfologici e strutturali di deformazione gravitativa profonda;
- dimensione della frana;
- fogli IGM interessati al processo;
- Comuni interessati dal processo (codice Istat Comune);
- eventuale/i località;
- Comuni interessati dal processo (dimensioni);
- bacini idrografici interessati dal processo (codice);
- bacini idrografici interessati dal processo (dimensione).

Frane non cartografabili

Si tratta di frane aventi superficie inferiore ad 1 ettaro, rappresentate in cartografia con simboli puntiformi. Complessivamente gli archivi relativi al tema specifico sono costituiti da 96 punti per occupazione fisica di circa 1 Kb. Ad ogni informazione elementare (frana) sono associati i seguenti dati:

- codice cartografico del processo;
- data dell'evento (o eventuale distinzione se anteriore o posteriore all'anno 1950);

- foglio IGM interessato dalla frana;
- codice Istat del Comune;
- codice del bacino idrografico.

Crolli

Sono rappresentati in cartografia tramite aree (crolli cartograficamente delimitabili), simboli lineariformi (crolli diffusi) di lunghezza variabile in funzione dell'estensione del fenomeno e simboli a forma di freccia (crolli incanalati) orientati secondo la direzione del movimento. Complessivamente gli archivi relativi al tema specifico sono costituiti da 269 aree, 281 punti (simboli variabili per dimensione e orientamento) per una occupazione fisica di 70 Kb. Ad ogni informazione elementare (crollo) sono associati i seguenti dati:

- codice cartografico del processo;
- tipo di crollo (delimitabile, diffuso, incanalato);
- dimensione del crollo graficamente delimitabile;
- fogli IGM interessati dal processo;
- Comuni interessati dal processo (codice Istat);
- eventuale/i località;
- Comuni interessati dal processo (dimensione);
- bacini idrografici interessati dal processo (codice);
- bacini idrografici interessati dal processo (dimensione);

Aree vulnerabili da frane per fluidificazione dei suoli

Si tratta di settori di versante vulnerabili da fenomeni franosi per fluidificazione dei terreni incoerenti della copertura superficiale, rappresentati in cartografia con aree colorate. Complessivamente gli archivi relativi al tema specifico sono costituiti da 2.380 aree per una occupazione fisica di circa 2.800 Kb. Ad ogni informazione elementare (area) sono associati i seguenti dati:

- codice cartografico del processo;
- dimensione dell'area;
- fogli IGM interessati dal processo;
- Comuni interessati dal processo (codice Istat);
- Comuni interessati dal processo (dimensione);
- bacini idrografici interessati dal processo (codici);
- bacini idrografici interessati dal processo (dimensione).

Processi lungo la rete idrografica

L'area tematica è suddivisa nei seguenti temi:

- 1) aree inondabili;
- 2) tributari minori (frequenza dei fenomeni di trasporto in massa);
- 3) conoidi potenzialmente attive;
- 4) portate.

Aree inondabili

Sono rappresentate sulla cartografia tramite aree variamente colorate in funzione delle frequenze di esondazione (tempi di ritorno) e del tipo di materiale depositato durante l'evento di piena. Complessivamente gli ar-

chivi relativi al tema specifico sono costituiti da 480 aree per una occupazione fisica di 600 Kb. Ad ogni informazione elementare (aree inondabili) sono associati i seguenti dati:

- codice cartografico del processo;
- classificazione per frequenza di esondazione (tempi di ritorno: 20-50 anni; 3-5 anni; > 50 anni);
- tipo di materiale depositato;
- ambiente caratteristico;
- dimensioni dell'area inondabile;
- codice del fiume;
- fogli IGM interessati dal processo;
- Comuni interessati dal processo (codice Itat);
- Comuni interessati dal processo (dimensione).

Tributari minori

Sono rappresentati in cartografia tramite tratti della rete idrografica minore (tributari minori) colorati in modo differente in funzione della frequenza dei fenomeni di trasporto in massa storicamente segnalati ed accertati. Complessivamente gli archivi relativi al tema specifico sono costituiti da 7.809 catene per una occupazione fisica di 1.000 Kb. Ad ogni informazione elementare (catene che individuano un unico tratto colorato) sono associati i seguenti dati:

- codice cartografico del tributario;
- frequenza degli eventi di trasporto in massa (periodo di osservazione: 1830-1981);
- lunghezza totale del tributario;
- codice del fiume;
- codice del bacino idrografico;
- fogli IGM interessati dal tributario;
- Comuni interessati dal tributario (codice Istat);
- eventuale/i località;
- Comuni interessati dal tributario (dimensione lunghezza).

Conoidi potenzialmente attive

Si tratta delle conoidi che possono essere sede di violente manifestazioni connesse ad improvvise pulsazioni e quindi a fenomeni di trasporto in massa. Sono rappresentate in cartografia da aree colorate corrispondenti alla reale superficie delle conoidi. Complessivamente gli archivi relativi al tema specifico sono costituiti da 538 aree per una occupazione fisica di 150 Kb. Ad ogni informazione elementare (area rappresentante la conoide) sono associati i seguenti dati:

- codice cartografico conoide;
- codice del fiume, tributario, ecc. (cui la conoide si riferisce);
- codice del bacino;
- dimensione della conoide;
- fogli IGM interessati dalla conoide;
- Comuni interessati dalla conoide (codice Istat);
- eventuale/i località.

Portate

Si tratta della segnalazione delle portate massime misurate o valutate durante straordinari eventi di piena; sono rappresentate in carta da punti colorati. Complessivamente gli archivi relativi al tema specifico sono costituiti da 115 punti per una occupazione fisica di 2 Kb. Ad ogni informazione elementare (punto di rilevamento) sono associati i seguenti dati:

- codice cartografico della portata;
- portata massima misurata o valutata;
- anno di misura o valutazione;
- inizio periodo di osservazione considerato;
- fine periodo di osservazione considerato;
- anno di probabile superamento del valore;
- valore della massima portata misurata o valutata;
- foglio IGM interessato dalla portata;
- codice del fiume, tributario, ecc. (interessato dalla valutazione e/o misura della portata);
- codice Istat del Comune;
- eventuale/i località;
- codice del bacino idrografico.

Caratteristiche della rete idrografica

Vengono distinti e caratterizzati gli alveo-tipi di numerosi corsi d'acqua, rappresentandoli in cartografia tramite tratti della rete idrografica colorati in modo diverso in funzione della differente stabilità plano-altimetrica degli alvei e dei processi prevalenti che li riguardano. Complessivamente gli archivi relativi al tema specifico sono costituiti da 18.346 catene per una occupazione fisica di 2.500 Kb. Ad ogni informazione elementare (catene che individuano un unico tratto colorato) possono essere associati i seguenti dati:

- codice cartografico dell'alveo-tipo;
- classificazione dell'alveo-tipo (4 diverse classificazioni per l'ambiente caratteristico: Alpi, 4 diverse classificazioni per l'ambiente caratteristico: bacini collinari e appenninici, 3 diverse classificazioni per l'ambiente caratteristico: pianura).
- lunghezza totale del tronco d'alveo;
- codice del fiume, tributario, ecc. (a cui si riferisce l'alveo-tipo);
- fogli I.G.M. interessati dal tronco d'alveo;
- Comuni interessati dal tronco d'alveo (codice Istat);
- eventuale/i località;
- Comuni interessati dal tronco d'alveo (dimensione lunghezza).

Danni alle principali infrastrutture viarie ed ai centri abitati

L'area tematica è suddivisa nei seguenti temi:

- danni ai centri abitati;
- danni alla rete viaria;
- danni ai ponti.

Danni ai centri abitati

Sono rappresentati in cartografia tramite simboli di forma, colore e dimensione diversa in funzione del tipo di processo che ha prodotto il danno, dal numero dei casi accertati nel periodo 1830-1981, e dalla gravità del danno stesso. Complessivamente gli archivi relativi al tema specifico sono costituiti da 1.109 punti per una occupazione fisica di 17 Kb. Ad ogni informazione elementare (punti) sono associati i seguenti dati:

- codice cartografico del danno;
- tipo di processo che ha provocato il danno (allagamento, alluvionamento fine, alluvionamento grossolano, erosioni di sponda, frana, avvallamento di sponda lacustre);
- casi accertati nel periodo 1830-1981;
- gravità del danno;
- data del decreto di consolidamento dell'abitato;
- data del decreto di trasferimento;
- data dell'evento grave più recente;
- fogli I.G.M. interessati dal danno;
- codici Istat del Comune;
- eventuale/i località;
- codice cartografico del bacino interessato dal danno;
- eventuale codice cartografico del processo che ha provocato il danno;
- tipologia del processo che ha provocato il danno;
- data/e in cui si è prodotto il danno.

Danni alla rete viaria

Sono rappresentati in cartografia tramite tratti della rete viaria (stradale e ferroviaria) differentemente colorati in funzione del processo che ha provocato il danno (frane, attività fluviali) e del numero dei casi accertati. Complessivamente gli archivi cartografici relativi al tema specifico sono costituiti da 1.507 catene per una occupazione fisica di 250 Kb. Le informazioni elementari (catene che individuano un tratto colorato) sono riportate solo sulle basi cartografiche. La banca dati è stata comunque predisposta per consentire in futuro il caricamento dei seguenti dati per ogni singolo danno alla rete viaria:

- codice cartografico del danno;
- processo che ha provocato il danno;
- numero dei casi accertati;
- lunghezza del tratto coinvolto;
- codice cartografico dell'eventuale processo che ha provocato il danno;
- tipologia del processo che ha provocato il danno;
- fogli I.G.M. interessati dal danno (codice Istat);
- Comuni interessati dal danno (codice Istat);
- eventuale/i località;
- Comuni interessati dal danno (dimensioni lunghezza);
- bacini idrografici interessati dal danno (codice);
- bacini idrografici interessati dal danno (dimensione lunghezza);
- data in cui si è prodotto il danno.

Danni ai ponti

Sono rappresentati in cartografia tramite simboli di diversa forma e colore in funzione della gravità del danno e del numero di casi accertati. Complessivamente gli archivi relativi al tema specifico sono costituiti da 632 punti per una occupazione fisica di 9 Kb. Ad ogni informazione elementare (punti) sono associati i seguenti dati:

- codice cartografico del danno;
- gravità del danno;
- numero dei casi accertati;
- data dell'evento di piena più recente che ha demolito il manufatto;
- fogli I.G.M. interessanti;
- codice Istat del Comune;
- eventuale frazione o località;
- codice del bacino idrografico interessato;
- codice del fiume tributario minore attraversato dal ponte;
- data in cui si è prodotto il danno.

Litologia

Le diverse unità litologiche, distinte per gruppi omogenei in funzione delle caratteristiche lito-tecniche e della loro propensione al dissesto, sono rappresentate in cartografia tramite aree colorate. Complessivamente gli archivi cartografici relativi al tema specifico sono costituiti da 7.933 aree per una occupazione fisica di 3.500 Kb. Per ogni diversa unità litologica vengono fornite le seguenti informazioni:

caratteristiche lito-tecniche:

- descrizione dell'unità litologica;
- assetto prevalente e caratteri strutturali;
- indicazioni sulle caratteristiche e sul comportamento fisico dell'unità litologica;
- terreni superficiali;

instabilità dei versanti:

- frane riguardanti il substrato;
- frane riguardanti i terreni superficiali;
- aree in frana riguardanti il substrato;
- pendenza media dei versanti in frana;

attività torrentizia e dinamica fluviale:

- processi lungo la rete idrografica.

Bacini idrografici

Sono rappresentati in cartografia da aree distinte tra loro tramite codici identificativi. Complessivamente gli archivi al tema specifico sono costituiti da 510 aree corrispondenti ad altrettanti bacini per una occupazione fisica di 3 Kb. Ad ogni informazione elementare possono essere associati i seguenti dati:

- codice del bacino;
- superficie occupata dal bacino;
- fogli I.G.M. interessati dal bacino;
- Comuni interessati dal bacino (codice Istat).

Banca Dati dei processi Geologici: Funzioni di accesso, integrazione ed aggiornamento della base dati prodotta

Le funzioni realizzate nell'ambito delle procedure sono le seguenti:

- data entry o inserimento;
- interrogazione;
- produzione elaborati;
- inserimento dati nel Sistema Informativo Territoriale Ambientale (S.I.T.A.);
- interrogazione cartografica e rappresentazione dei dati relativi ai processi geologici.

Data entry

Per data entry si intende l'inserimento, la correzione, l'aggiornamento e la cancellazione dei dati all'interno degli archivi costituenti la banca dati.

Tutte le funzioni di data entry sono controllate dai programmi che verificano la congruenza dei dati inseriti dall'utente.

I singoli campi costituenti l'archivio sono presentati sul video dell'elaboratore attraverso pannelli predefiniti.

L'utente può muoversi liberamente sul pannello attraverso opportuni tasti funzionali.

Le funzioni di data entry sono accessibili all'utente direttamente da menù previo inserimento del codice cartografico del processo.

Interrogazione

L'interrogazione degli archivi è interattiva e guidata tramite menù. È possibile selezionare i seguenti livelli di interrogazione:

- per chiave singola: si accede all'informazione tramite l'inserimento del codice identificativo del processo di cui si vogliono conoscere i dati archiviati;
- per aggregazione: si può accedere alle informazioni contenute nelle diverse aree tematiche (processi lungo i versanti, processi lungo la rete idrografica, caratteristiche della rete idrografica e danni alle principali infrastrutture viarie ed ai centri abitati) attraverso le chiavi Comune e/o bacino (codice o nome);
- per associazione: si può accedere contemporaneamente a più informazioni relative a più processi attraverso associazioni delle diverse informazioni contenute nelle schede di caricamento dati. I risultati dell'interrogazione possono essere stampati o visualizzati sul video.

Produzione elaborati

È prevista la possibilità di:

- stampare tabelle di sintesi per processo o per comune;
- effettuare calcoli (incidenza della porzione di territorio soggetto ad un determinato processo sull'area totale di un comune).

Inserimento dati nel Sistema Informativo Territoriale Ambientale (S.I.T.A.)

A scadenze temporali definite sarà possibile estrarre le informazioni contenute nella banca dati a creare dei files sequenziali adatti ad essere memorizzati nel S.I.T.A. Allo stato attuale non risulta giustificato un collegamento remoto con il Csi-Piemonte per il trasferimento degli archivi via modem: è infatti sufficiente memorizzare i suddetti archivi su floppy e caricarli presso il Csi-Piemonte.

Sarà possibile all'interno del S.I.T.A. incrociare gli archivi della banca dati (frane, aree esondabili, ecc.) con i dati del S.I.T.A. al fine di produrre cartografie derivate in scala 1:100.000.

Interrogazione cartografica e rappresentazione dei dati relativi ai processi geologici

È stata realizzata, in forma integrata alla Banca Dati Geologica, una procedura per l'interrogazione delle informazioni cartografiche tematiche (numeriche) per unità amministrativa (comune) e bacino idrografico.

Il risultato dell'interrogazione è il display a video o il disegno su plotter dei dati selezionati. È possibile rappresentare sul disegno il codice delle diverse informazioni elementari.

Per rispondere ai requisiti emersi è stata scelta la soluzione di implementare la banca dati sul personal computer DOS con la seguente configurazione:

- memoria RAM 640 Kb;
- memoria di massa: 1 hard disk da 40 Mb + 1 unità mini floppy disk da 1200 Kb;
- streaming-tape da 40 Mb;
- scheda grafica E.G.A.;
- stampante a 132 colonne tipo Olivetti PR17B;
- plotter Graphtec formato A1 mod. GP2102.

La banca dati è stata sviluppata utilizzando come strumento software DBIII-Clipper. Nella figura 20 viene rappresentato lo schema dell'albero del menu relativo alla BDPG.

La soluzione scelta consente in locale:

- la gestione della banca dati;
- la produzione di plottaggi di lavoro delle informazioni cartografiche relative ai processi geologici;
- l'aggiornamento delle informazioni cartografiche numeriche;
- il servizio di produzione della cartografia tematico-numerica per conto del Settore e dell'utenza esterna.

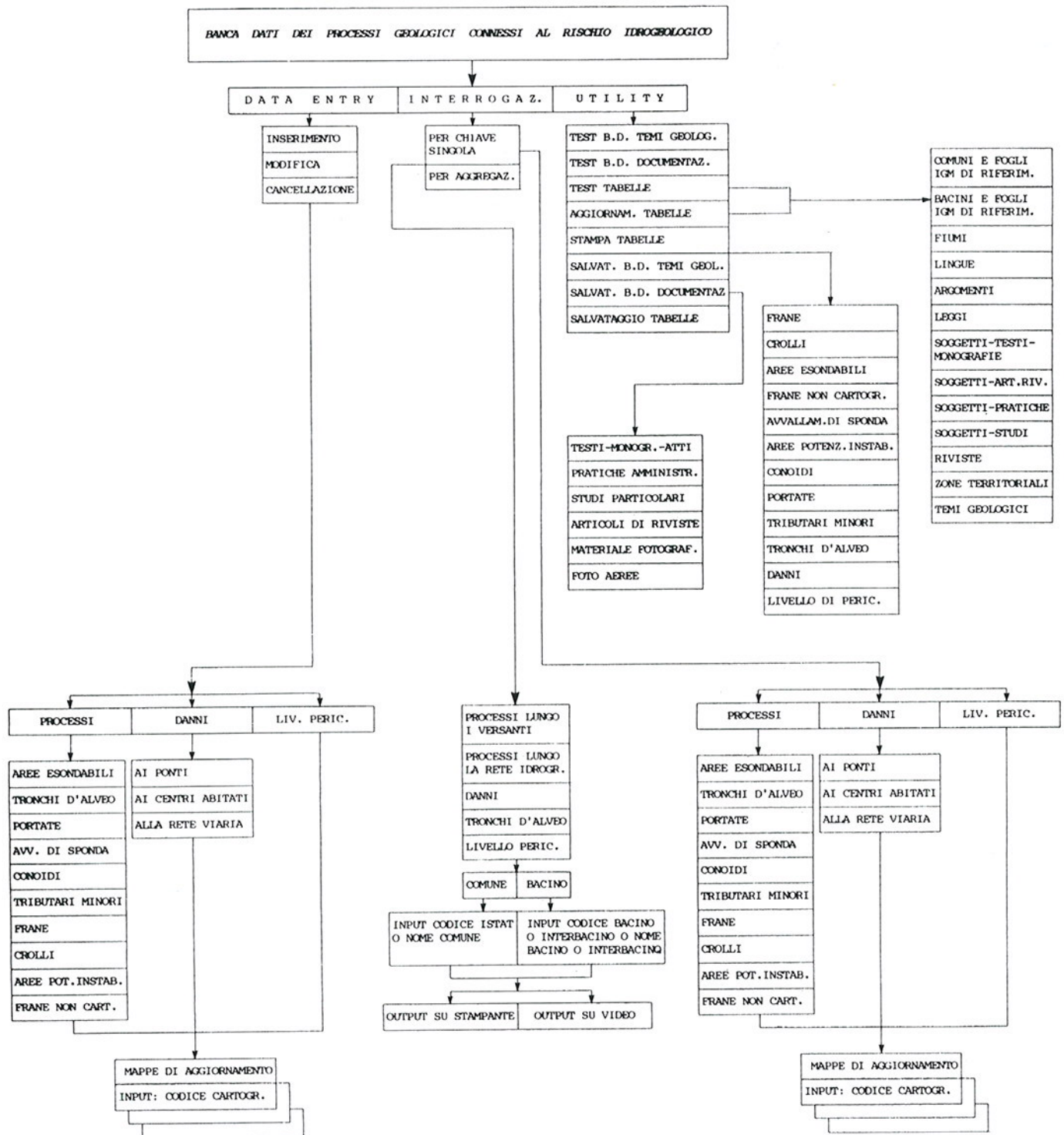


Fig. 20. Banca dati dei processi geologici. Schema dell'albero del menù.

Banca Dati della documentazione: Il contenuto della base informativa

All'interno del Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico perviene e viene prodotta una vasta e diversificata mole di documentazione. I dati raccolti negli archivi "cartacei" presenti presso il Settore risultano però difficilmente consultabili e co-

munque non organizzati organicamente secondo rigorosi schemi di classificazione delle informazioni; ne consegue pertanto una diffusa dispersione dei dati stessi ed una generale difficoltà di reperimento della documentazione.

L'esigenza di realizzare una Banca Dati della Documentazione deriva quindi dalla necessità di poter disporre di uno strumento conoscitivo rapido, completo ed accessibile attraverso il quale omogeneizzare, archiviare, integrare ed elaborare le numerose informazioni contenute nei diversi documenti, studi, articoli scientifici, ecc.

Allo stesso tempo lo strumento informativo messo a punto, consentendo l'individuazione e la localizzazione fisico-geografica ed amministrativa delle informazioni, permette di referenziare ed associare i dati contenuti nei documenti acquisiti a quanto disponibile negli archivi della Banca Dati dei Processi Geologici. In tal modo è possibile porre in relazione ad ogni singolo processo geologico una quantità di materiale documentato facilmente reperibile ed aggiornabile in continuazione.

Le informazioni da archiviare nella Banca Dati della Documentazione sono organizzate in 6 differenti aree tematiche:

- testi e monografie;
- studi particolari;
- pratiche amministrative;
- articoli di riviste;
- aereo-fotografie;
- materiale fotografico.

Testi e monografie

Appartengono a questa categoria tutti i testi, le monografie, gli atti di convegni, seminari, presenti nella biblioteca del Settore. In futuro verranno pure archiviati in questa area tematica tutti i testi che conterranno delle informazioni geologiche e geologico-tecniche appartenenti al territorio piemontese o relative a processi geologici contenuti nella BDPG.

I dati raccolti sono i seguenti:

- codice dell'argomento
- descrizione dell'argomento
- collocazione fisica del testo
- titolo
- Autori
- riassunto
- editore
- luogo edizione
- edizione
- mese, anno edizione
- età scientifica
- lingua
- spoglio (nel caso in cui il testo contenga più relazioni, saggi o altro)
- ente responsabile
- collezione
- allegati
- codice Istat Comune/i interessato/i
- zona territoriale di riferimento (provincia, valle, bacino principale)
- codice/i bacino/i idrografico/i
- tema/i geologico/i trattato/i

- eventuale/i codice/i processo/i geologico/i di riferimento
- parola chiave e/o soggetti identificativi.

Studi particolari

Si tratta di studi, rapporti e relazioni interne spesso non divulgate pubblicamente.

I dati raccolti sono i seguenti:

- codice dell'argomento
- descrizione dell'argomento
- collocazione fisica
- titolo
- Autori
- riassunto
- data dello studio
- ente responsabile
- allegati
- codice/i Istat Comune/i interessato/i
- zona territoriale
- codice/i bacino/i idrografico/i
- tema/i geologico/i trattato/i
- eventuale/i codice/i processo/i geologico/i di riferimento
- parola chiave e/o soggetti identificativi.

Pratiche amministrative

Si tratta di studi e relazioni svolte in seno all'istruttoria di pratiche inerenti le leggi di specifica competenza del Settore.

I dati raccolti sono i seguenti:

- codice dell'argomento
- descrizione dell'argomento
- collocazione fisica
- oggetto
- Autori delle relazioni tecniche allegate alle pratiche
- riassunto
- data della relazione
- riferimento legge
- Estensore (tecnico del Settore)
- allegati
- codice/i Comune/i interessato/i
- zona territoriale
- codice/i bacino/i idrografico/i
- tema/i
- codice/i eventuale/i processo/i geologico/i di riferimento
- parola chiave e/o soggetti identificativi.

Articoli di riviste

Appartengono a questa categoria tutti gli articoli delle riviste scientifiche a cui è abbonato il Settore. In futuro verranno archiviati tutti gli articoli contenenti informazioni geologiche e geotecniche afferenti al territorio piemontese o relative a processi geologici contenuti nella BDPG.

I dati raccolti sono i seguenti:

- codice dell'argomento
- descrizione dell'argomento
- scheda di riferimento

- titolo
- Autori
- riassunto
- rivista
- numero
- mese, anno di pubblicazione
- lingua articolo
- ente responsabile
- codice/i Istat Comune/i interessato/i
- zona territoriale
- codice/i bacino/i idrografico/i
- tema/i geologico/i trattato/i
- eventuale/i codice/i processo/i geologico/i di riferimento
- parola chiave e/o soggetti identificativi.

Aero-fotografie

In questo archivio vengono catalogati e classificati i fotogrammi in possesso del Settore.

I dati raccolti sono i seguenti:

- codice del volo
- titolo
- editore
- tipo (bianco/nero, colori, infrarosso, altro)
- scala
- data
- copertura rispetto all'intero territorio (parziale, totale)
- codice/i Istat Comune/i interessato/i
- zona territoriale
- codice/i bacino/i idrografico/i
- codice/i fiume/i interessato/i dal volo

Materiale fotografico

Appartiene a questa categoria tutto il materiale fotografico acquisito nel corso dell'attività svolta dal Settore.

I dati raccolti sono i seguenti:

- numero delle foto o delle diapositive
- descrizione dell'argomento
- eventuale sottoargomento
- tema/i geologico/i trattato/i
- codice/i eventuale/i processo/i geologico/i di riferimento
- localizzazione
- data della foto
- data dell'evento
- codice Comune interessato.

Banca Dati della Documentazione:

caricamento e gestione dei dati prodotti nell'ambito delle attività svolte dal Settore prevenzione del rischio geologico, meteorologico e sismico

Le funzioni individuate per la gestione della banca dati sono le seguenti:

1) Catalogazione e classificazione

Questa funzione consente di memorizzare in archivi strutturali delle schede descritte negli allegati.

2) Funzioni di utilità

Si dividono in funzioni di stampa e funzioni di sistema. È possibile stampare in ordine alfabetico l'elenco dei soggetti e delle parole chiave dei codici di classificazione, degli argomenti e delle porzioni di territorio. Con funzioni di sistema si intende la procedura di riorganizzazione degli archivi (reindicizzazione delle chiavi e compattamento degli archivi).

3) Ricerca

Sulla base dei dati registrati nella fase di catalogazione, è possibile effettuare interrogazioni in tempo reale per:

- titolo
- Autore
- argomento
- codice di classificazione
- numero di ingresso (codice numerico progressivo di registrazione del documento)
- codice Istat del comune o nome del comune
- tipo di processo geologico e/o codice cartografico
- codice o nome del bacino idrografico
- porzioni di territorio
- soggetti di ricerca e/o parole chiave.

In particolare, nel caso della ricerca per soggetti, è possibile operare contemporaneamente con più chiavi.

Il sistema risponde indicando il numero di opere reperite per ogni chiave richiesta; l'utente può connettere le varie ricerche elementari mediante operazioni di prodotto o di somma logica (And oppure Or) fino ad un massimo di sei descrittori.

È inoltre possibile limitare la ricerca operando sul parametro dell'età scientifica del documento.

Il risultato della ricerca può essere stampato o visualizzato sul video del personal computer.

Nella figura 21 viene rappresentato lo schema dell'albero del menù relativo alla Banca Dati.

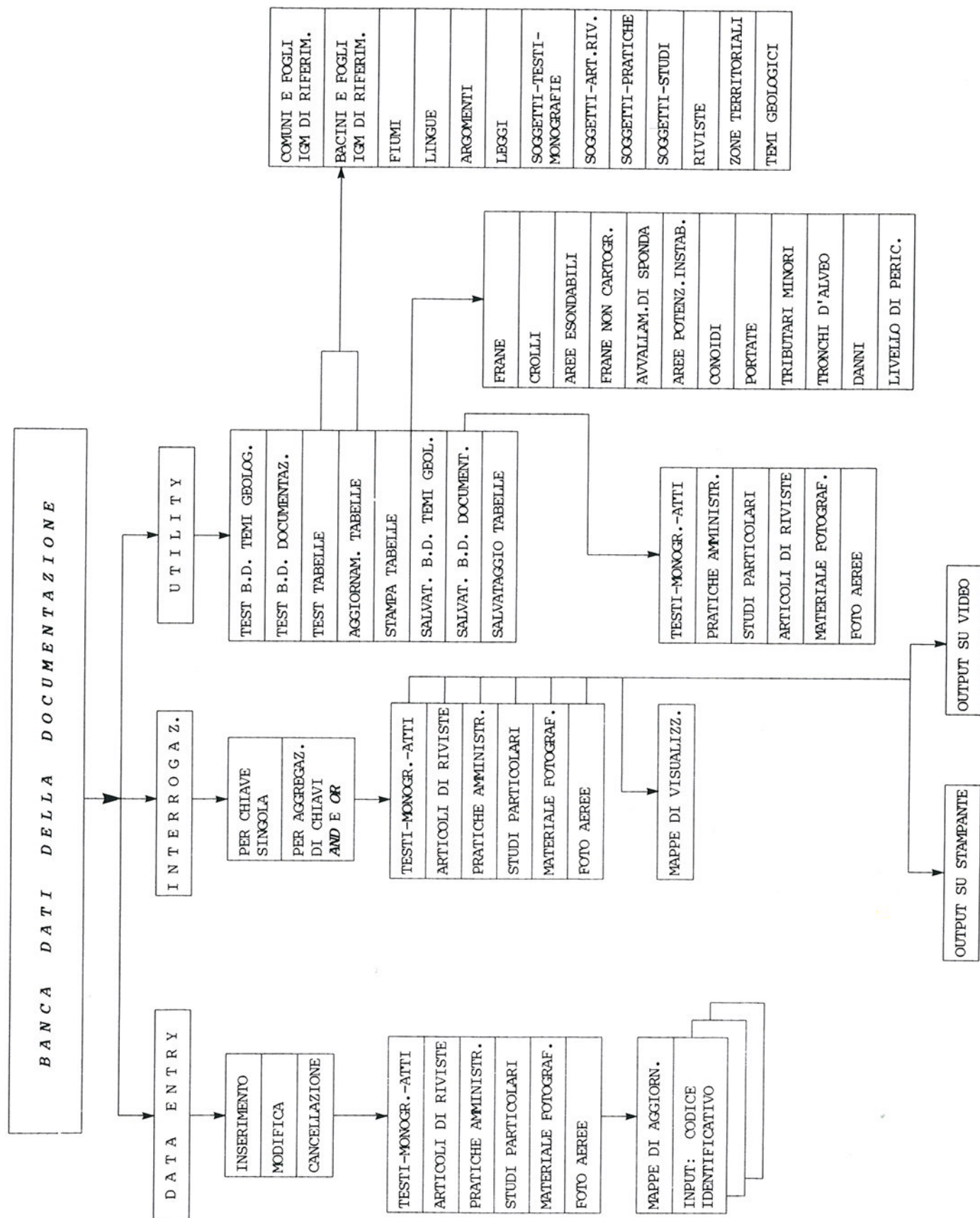


Fig. 21. Banca Dati della documentazione. Schema dell'albero del menù.

Restituzioni cartografiche prodotte: esempi e note illustrative

FERRUCCIO FORLATI

Settore prevenzione del rischio geologico, meteorologico e sismico
Regione Piemonte, Torino

La parte che segue ha essenzialmente uno scopo illustrativo ed esemplificativo delle numerose restituzioni cartografiche realizzate per ogni tematismo, in seno alla Banca Dati.

Per ogni singolo tema trattato vengono riportate infatti alcune restituzioni cartografiche significative accompagnate da spiegazioni dei contenuti e da descrizioni ed illustrazioni (foto e disegni) dei processi geologici rappresentati.

Carta tematica delle frane*

Nelle pagine che seguono e nelle restituzioni cartografiche esemplificative vengono descritte e riportate le differenti tipologie di frana connesse ad instabilità pregressa ed attuale.

I diversi fenomeni sono stati rilevati sistematicamente tramite studio fotointerpretativo associato a verifiche di terreno spesso integrato e vagliato con informazioni storiche di archivio esaminate a partire dai documenti del secolo scorso.

Negli istogrammi di fig. 22, 23, 24 sono sintetizzate, in funzione delle diverse unità litologiche (cfr.: la carta tematica delle unità litologiche), alcune elaborazioni significative inerenti i fenomeni franosi.

La delimitazione delle aree in frana è stata individuata sulla base dell'analisi dei caratteri morfologici rico-

nosciuti al momento del rilevamento. Il limite segnalato non può quindi essere inteso come separazione netta tra zona "stabile" ed "instabile", in quanto non acquisisce il carattere di demarcazione di area di possibile "influenza" o coinvolgimento del fenomeno. Come già sottolineato, esso invece circoscrive una zona avente particolari caratteri morfologici e strutturali riconducibili ad un fenomeno franoso che sino al momento del riconoscimento ha interessato l'area riportata in cartografia.

Frane con meccanismi di vario tipo spesso combinati (ambiente caratteristico: Alpi)

Generalmente vengono individuati tre diversi meccanismi attraverso i quali si manifesta l'instabilità dei pendii:

- per caduta libera (crollo) e rotolamento (comprensivo dei fenomeni di proiezione e rimbalzo di masse rocciose);
- per traslazione planare e rotazionale lungo superfici di scorrimento;
- per flusso di massa di materiali.

In ambiente alpino si osservano alcuni movimenti franosi la cui dinamica è condizionata dalla concomitanza di meccanismi spesso diversi che ne condizionano le caratteristiche cinematiche ed influenzano la distribuzione dei materiali coinvolti nelle zone di accumulo.

Sono infatti riconoscibili, con una certa frequenza, franamenti caratterizzati ad esempio da crollo iniziale di masse più o meno disarticolate e successiva «valanga di detrito», scivolamenti (planari o rotazionali lungo una o più superfici di rottura) cui segue un crollo o un colamento (fig. 25, 26).

Tra le tipologie indicate a titolo esemplificativo, la prima (crollo che evolve in «valanga di detrito») si può definire come tipica dell'ambiente alpino (non tanto in funzione della frequenza del fenomeno ma piuttosto in quanto cinematisma peculiare che si sviluppa prevalentemente nell'arco alpino).

Le «valanghe di detrito» coinvolgono grandi o grandissimi volumi detritici, sono fenomeni che inducono

* Le descrizioni delle diverse tipologie di frana sono state in parte tratte da:

GOVI M. (1988) - *Processi di instabilità naturale: tipologie, distribuzione, frequenza e pericolosità*. Secondo ciclo di conferenze di meccanica e ingegneria delle rocce: pendii naturali e fronti di scavo. Torino 28 nov. - 1 dic. 1988, Politecnico di Torino, Dip. Ingegneria Strutturale.

PUMA F., RAMASCO M., STOPPA T. (+), SUSELLA G.F. (1989) - *Grandi movimenti di massa nelle Alte Valli Susa e Chisone*. Boll. Soc. Geol. It., 108, 391-399.

MORTARA G., SORZANA P.F. (1987) - *Fenomeni di deformazione gravitativa profonda nell'arco alpino occidentale italiano. Considerazioni litostrutturali e morfologiche*. Boll. Soc. It., 106, 303-314.

GOVI M., SORZANA P.F. (1982) - *Frane di scivolamento nelle Langhe Cuneesi. Febbraio-Marzo 1972. Febbraio 1974*. Boll. Ass. Min. Subalpina, Anno XIX, n. 1-2, 319-352.

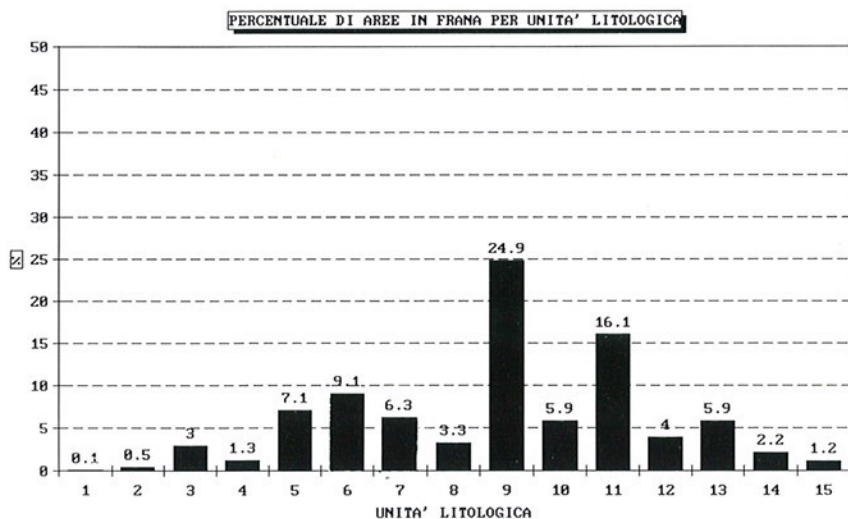


Fig. 22. Aree in frana riguardanti il substrato, espresse in percentuale dell'area occupata da ciascuna unità litologica.

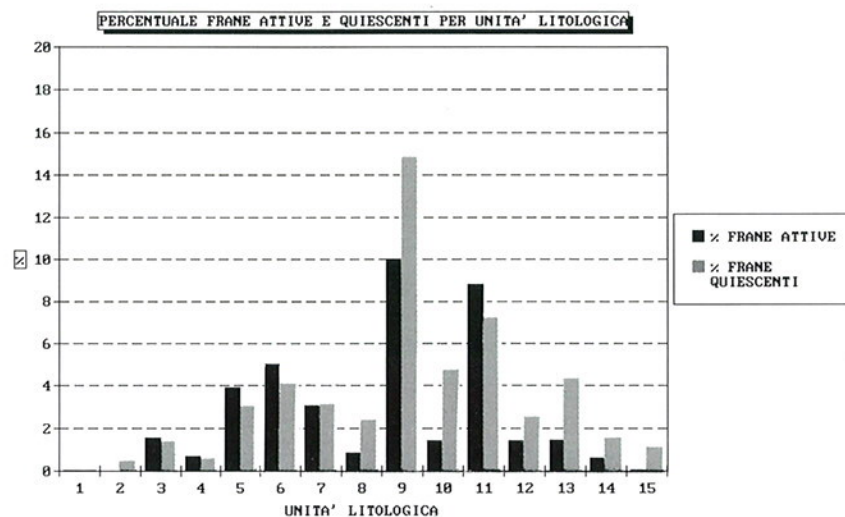


Fig. 23. Aree in frana riguardanti il substrato, espresse in percentuale dell'area totale occupata da ciascuna unità litologica e distinte in funzione dell'attività del fenomeno franoso: attivo, quiescente.

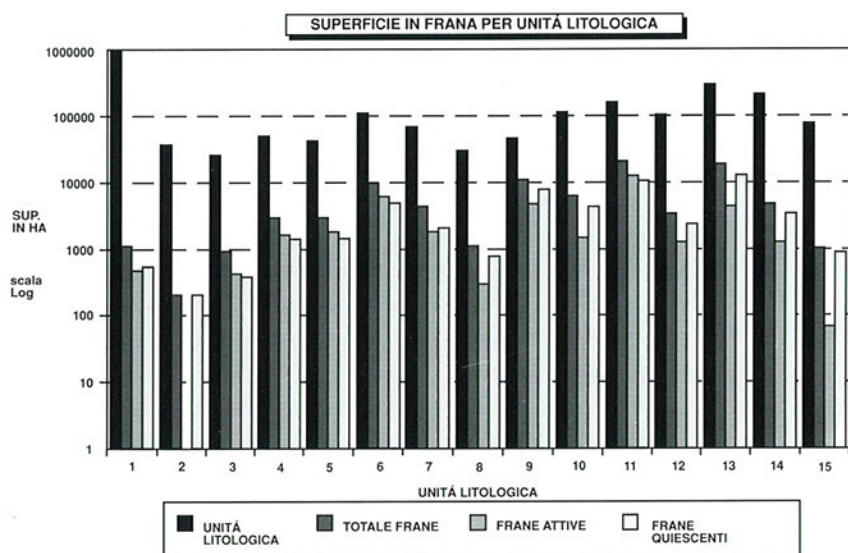


Fig. 24. Aree in frana riguardanti il substrato, raffrontate all'area totale occupata da ciascuna unità litologica e distinte in funzione dell'attività del fenomeno franoso: attivo, quiescente.

- 1) Depositi alluvionali a prevalenti ghiaie-sabbie, limi nell'area di pianura e lungo i fondovalle principali. (Quaternario).
- 2) Depositi morenici a blocchi, ghiaie, sabbie, limi, degli anfiteatri di Rivoli, Ivrea, del Lago Maggiore... (Quaternario).
- 3) Banchi e livelli argillosi, talora in reciproca alternanza con sabbie da fini a grossolane e lenti ghiaioso-ciottolose, localmente solo ghiaie e sabbie. (Villafranchiano).
- 4) Sabbie da fini a medie, localmente con banchi e lenti isolate di arenarie, potenti da uno ad alcuni decimetri, localmente calcareniti. («Sabbie d'Asti»).
- 5) Argille e marne argillose prevalenti, con subordinate lenti gessose, marne con locali intercalazioni di conglomerati. (Miocene Sup. - Pliocene med.).
- 6) Strati di marne potenti da uno ad alcuni decimetri, con interstratificazioni ritmiche di sabbie e arenarie e sottili giunti argillosi. (Miocene medio).
- 7) Siltiti marnose in strati mediamente potenti alcuni decimetri, subordinate intercalazioni arenacee e lenti conglomeratiche. (Oligocene sup. - Miocene).
- 8) Arenarie e conglomerati in potenti banche con subordinati livelli marnosi e arenaceo marnosi. («Formazione di molare» ed «arenaria di Ranzano». Oligocene).
- 9) Alternanze di argille marne, calcari, complessi caotici a componente argillosa prevalente. («Complesso indifferenziato». Flysch. Cretaceo - Eocene).
- 10) Serpentiniti, lherzoliti, anfiboliti, prasiniti, metagabbri. («Zona piemontese». Giurassico-Cretaceo).
- 11) Calcescisti con intercalazioni filladiche e lenti di calcari cristallini e di prasiniti. («Zona piemontese». Giurassico-Cretaceo).
- 12) Dolomie e calcari microcristallini, calcari dolomitici ed arenaceo-marnosi con subordinate intercalazioni di scisti ardesiaci. Breccie calcaree. (Unità mesozoiche autoctone ed alloctone).
- 13) Gneiss minuti, micascisti, talora eclogitici, scisti filladici, scisti porfiroidi, quarzitoscisti. (Massicci cristallini del Dora-Maira. Permo-carbonifero assiale. Sesia-Lanzo e serie dei laghi).
- 14) Gneiss occhiadini per lo più massicci, gneiss migmatitici. (Massicci cristallini dell'Argentera. Dora-Maira. Gran Paradiso. Monte Rosa e Valle di Ossola).
- 15) Graniti, sieniti, dioriti, migmatiti granitiche, gabbrodioriti, porfiriti, ignimbriti rioditiche. (Magmatiti erciniche e tardo-alpine).



Fig. 25. Frana verificatasi con meccanismi combinati di tipo traslativo e di crollo evolutisi successivamente in «valanga di detrito».

il movimento per «flusso» di materiali lapidei, la cui dinamica, entro certi limiti e con particolari accorgimenti, può essere discussa riferendosi alle leggi della fisica riguardanti il moto dei fluidi.

Le trasformazioni che possono subire, in corso di evento, le frane caratterizzate da meccanismi di vario tipo spesso combinati, sono difficilmente prevedibili. Ciò è dovuto soprattutto alla mancanza di approcci conoscitivi ed analitici derivati dallo studio sistematico di tali fenomeni.

La definizione dei molteplici parametri in gioco che condizionano l'evoluzione del movimento di masse instabili, oltre a comportare tempi (controllo, misure) e costi notevoli (studi, prove, analisi) e necessitare di indagini multidisciplinari, non sempre risulta possibile o attendibile a causa della complessità del problema in esame.

I fenomeni franosi di questo tipo, che potremo anche definire come misti (in quanto condizionati nelle loro evoluzioni da meccanismi di vario tipo), sono numerosissimi, risultano spesso di grandi dimensioni, occupano settori di versante estesi fino a 10-12 kmq e coinvolgono volumi di alcune centinaia di milioni di metri cubi per profondità spesso notevoli (100-300 m).

È evidente quindi che le caratteristiche fisiche, geomeccaniche, strutturali e geolitologiche (in senso lato) di ammassi di così vaste dimensioni possono variare notevolmente da caso a caso rendendo estremamente difficile la messa a punto di un modello interpretativo (analitico e geologico) sufficientemente affidabile.

Gli eventi pluviometrici di straordinaria intensità, la fusione del manto nevoso e gli interventi antropici non compatibili possono essere considerati come cause innescenti fondamentali di tali fenomeni.



Fig. 26. La foto pone in evidenza l'imponente accumulo di una frana di vaste dimensioni verificatasi probabilmente in epoca post glaciale. Il movimento che si è sviluppato con meccanismi combinati di traslazione (con probabile componente rotazionale) e successivo colamento ha provocato lo sbarramento del fondovalle.

Deformazioni gravitative profonde

I fenomeni di deformazione gravitativa profonda si sviluppano come lenta, continua e talora progressiva deformazione dell'ammasso roccioso, ed interessano spessori spesso notevoli (anche superiori al centinaio di metri) coinvolgendo le dorsali, per estesi settori del versante, dalla cresta sino, a volte, al fondovalle.

Il processo deformativo avviene per «spostamenti» differenziali estremamente lenti che si sviluppano lungo una serie di superfici e piani discontinui variamente orientati o per deformazione dell'ammasso lungo fasce di maggior «debolezza» localizzate a diversa profondità ed aventi differente spessore.

Le deformazioni gravitative profonde sono fenomeni sicuramente complessi e controllati da meccanismi che allo stato attuale delle conoscenze non risultano del tutto chiarificati (l'argomento è infatti tuttora oggetto di ricerca).

In genere vengono spiegati in termini di «creep» profondo intendendo, in tal modo, un lento incremento nel tempo della deformazione globale della massa coinvolta; incremento derivato dall'applicazione «istantanea» di tensioni (comunque inferiori alla resistenza



Fig. 27, 27 bis. *Caratteristici fenomeni di sdoppiamento delle creste evidenziati dalla presenza di vere e proprie vallecole aventi sviluppo parallelo allo spartiacque.*

intrinseca dell'ammasso) mantenute costanti nel tempo, oppure, in termini di effetti indotti sull'ammasso dalla parziale mobilitazione della resistenza disponibile lungo alcuni sistemi di discontinuità principali latenti in conseguenza ad intensi fenomeni di scarico, ad esempio, quelli dovuti alla deglaciazione Wurmiana (sono state di fatto riconosciute numerose deformazioni gravitative di versante in corrispondenza ad antiche confluenze glaciali di tronchi vallivi marcatamente sinuosi; l'azione dei ghiacciai su questi fianchi vallivi era infatti duplice essendo determinata da una parte dal peso stesso della massa glaciale, dall'altra dalla pressione esercitata dal ghiacciaio in movimento).

Alcuni Autori, ritengono che le deformazioni che interessano interi versanti, siano determinate dalla particolare distribuzione non omogenea delle tensioni dovuta all'effetto combinato della configurazione del pendio, della presenza di strutture primarie isoorientate ed inclinate (giunti di stratificazione, superfici di scistosità...) e dell'azione della gravità.

Altri spiegano l'insorgere della distribuzione non uniforme come dovuta al rilascio di tensioni residue di origine tettonica o come determinata dall'esistenza di

versanti modellati in ammassi caratterizzati da due o più unità geologiche aventi diverse caratteristiche di «rigidezza» (vengono indotte quindi all'interfaccia tra le due unità delle tensioni addizionali che non essendo equilibrate possono innescare i fenomeni di deformazione dell'ammasso).

Tra i parametri che possono favorire lo sviluppo delle deformazioni si individuano quindi:

- le caratteristiche dell'ammasso (litologiche, strutturali, fisico-meccaniche, stato tensionale);
- la configurazione dei versanti (elevata energia del rilievo, sovraincisioni per accentuato approfondimento del solco vallivo...);
- le grandi variazioni climatiche;
- intensi fenomeni di scarico;
- sollevamenti tettonici.

La compatibilità cinematica del «movimento» per deformazione implica che nelle zone più elevate del pendio, soggetto al fenomeno, la componente del vettore velocità di spostamento sia diretta verso il basso (con inclinazione superiore a quella del versante) mentre nella parte basale e/o intermedia sia diretta verso l'esterno.

L'ammasso roccioso in risposta alle sollecitazioni indotte «reagisce» dilatandosi e contraendosi. I settori più alti mettono in evidenza un comportamento «dislocativo» che induce spostamenti di porzioni rocciose lungo discontinuità principali ben delineate, nelle parti sottostanti, invece, si verifica una generale «compressione» che determina l'«assorbimento» e la distribuzione della deformazione globale lungo i numerosi sistemi di discontinuità principali e secondari che interessano l'ammasso.

Da ciò deriva che le evidenze morfologiche più significative si osservano nelle parti sommitali dei versanti caratterizzati dalla presenza di contropendenze ed avvallamenti rettilinei trasversali al versante e, lungo le linee spartiacque sommitali, da sdoppiamenti anche multipli delle creste con la comparsa di vere e proprie vallette orientate lungo la stessa direzione (Trench) (fig. 27, 27 bis).

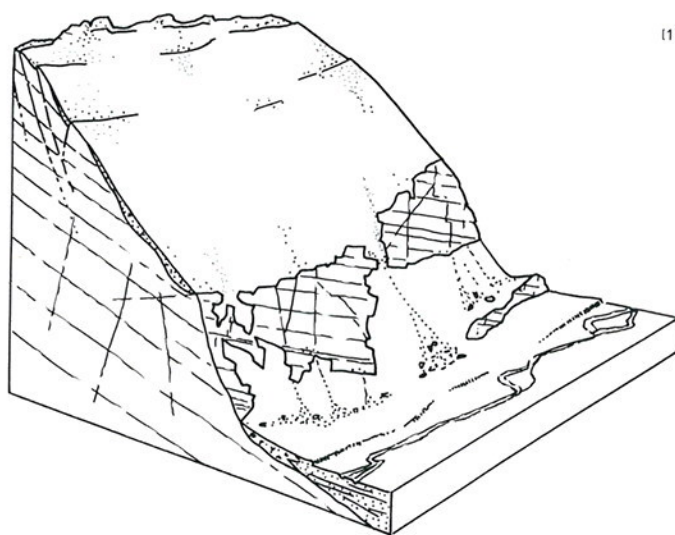
Nelle parti medio basse del versante, soprattutto in funzione delle caratteristiche meccaniche del substrato e del diverso grado di evoluzione del fenomeno, si osservano manifestazioni tipiche quali:

- l'intensa fratturazione della roccia;
- l'elevata produzione di detrito di diversa geometria e dimensione (detrito che copre aree piuttosto estese pur in assenza di pareti rocciose che ne possano spiegare la presenza);
- le variazioni della morfologia d'insieme rilevabili da anomalie quali: «inarcamenti» e rigonfiamenti che conferiscono al pendio un marcato profilo convesso.

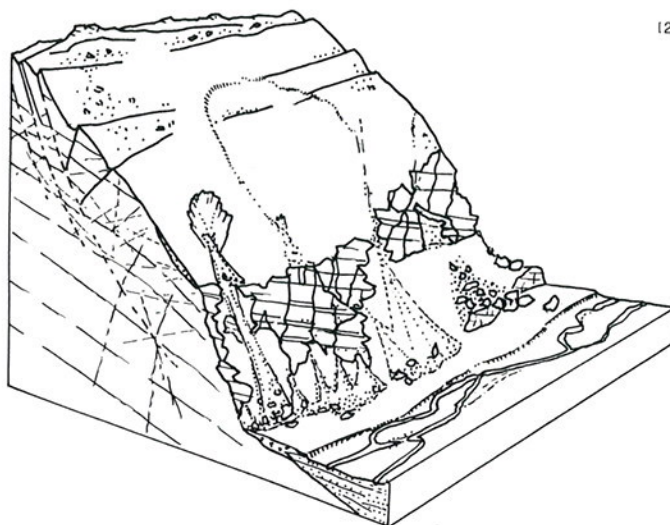
Attraverso un'analisi essenzialmente di tipo morfologico è possibile delineare, pur tenendo conto della molteplicità delle situazioni esistenti, le seguenti fasi evolutive dei fenomeni di deformazione gravitativa profonda (fig. 28):

- **Stadio iniziale:** il fenomeno si manifesta generalmente nella parte sommitale del versante con sdoppiamenti non molto pronunciati della linea di cresta, al di sotto della quale talora si possono associare piccoli «trench».
- **Stadio intermedio:** con l'evolversi dei processi si accentuano i caratteri morfologici tipici delle deformazioni gravitative quali sdoppiamenti multipli delle creste e «trench» con nette scarpate in contropendenza disposti in più ordini. Il settore mediano del versante tende ad assumere un profilo marcatamente convesso e questa particolarità, in bell'evidenza quando sono coinvolti litotipi più massicci, sarebbe da collegarsi, secondo alcuni Autori, alla presenza di fratture «rigide» e discontinue che provocherebbero un aumento di volume (dilatanza) della massa rocciosa.

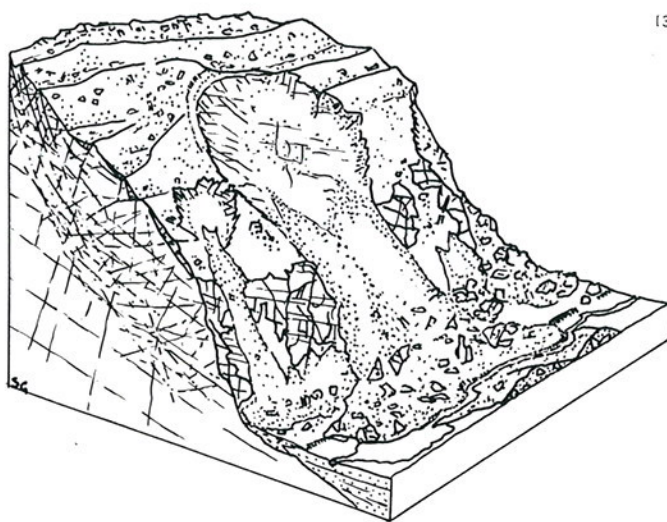
In margine a questo settore, così vistosamente deformato non è infrequente che si verificano frane di crollo anche di considerevoli dimensioni. Benché questa fase di sviluppo sia relativamente avanzata, nella parte inferiore del versante l'area coinvolta non sempre risulta sicuramente delimitabile.



(11)



(12)



(13)

Fig. 28. Versante interessato da un fenomeno di deformazione gravitativa profonda. In figura sono distinti tre settori caratterizzati da fasi evolutive diverse: iniziale (1), intermedia (2), evoluta (3). Si noti in particolare come il settore 3 si sia evoluto per frana di tipo traslazionale (con probabile componente rotazionale) e successiva valanga di detrito.

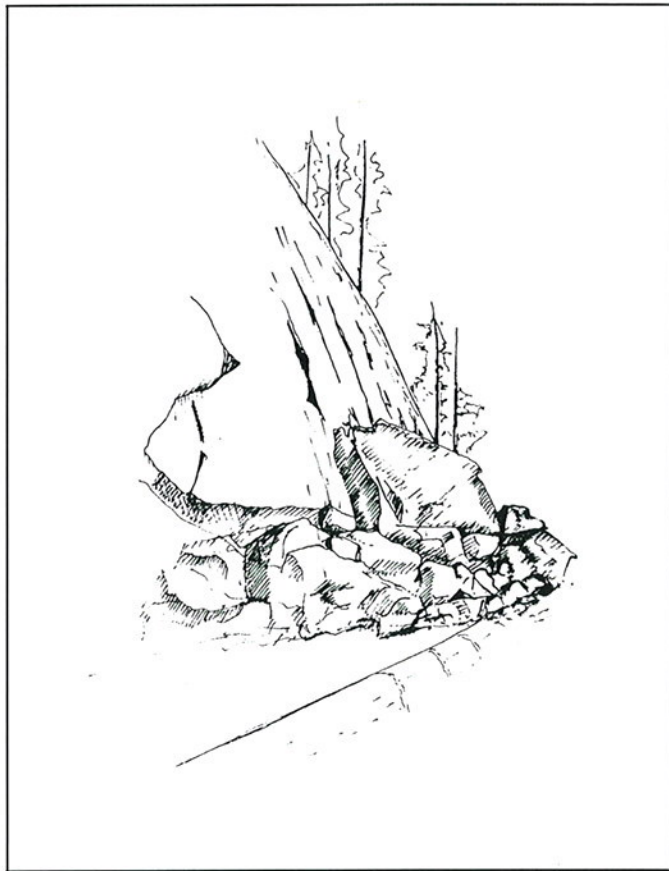


Fig. 29. I disegni evidenziano due situazioni prima e dopo il crollo parziale di una parete ad elevata inclinazione, intersecata da alcuni sistemi di discontinuità che hanno isolato una porzione rocciosa instabile rendendone cinematicamente possibile il collasso.

- **Stadio evoluto:** in questa fase i «trench» possono assumere dimensioni talora grandiose nelle parti sommitali dei versanti, dove tendono a originarsi ben definite nicchie di frana corrispondente all'emergenza di importanti «piani» di taglio. Nei settori medio-inferiori, invece, la massa rocciosa tende a disarticolarsi ulteriormente per l'accentuazione delle dislocazioni, mentre i limiti inferiori dei fenomeni sono per lo più ben riconoscibili e talora sopravanzano la base del versante; questo aspetto si accentua quando le deformazioni gravitative evolvono per settori o totalmente verso altri tipi di frana.

In tal caso eventi a carattere intenso quali precipitazioni meteoriche eccezionali possono diventare una delle cause di parziale o totale collasso dei versanti coinvolti da deformazioni gravitative.

Crolli

Questi fenomeni si generano improvvisamente in pareti rocciose o comunque su pendii ad elevatissima inclinazione. Le condizioni predisponenti alla caduta dei materiali sono connesse alle caratteristiche litotecniche e strutturali dell'ammasso roccioso ed in particolare:

- all'orientamento dei sistemi di giunti e di discontinuità principali;
- alle caratteristiche intrinseche di tali sistemi (in modo specifico: alla persistenza, spaziatura, frequen-

za, natura, apertura, riempimento e resistenza di ogni singola discontinuità);

- ai rapporti reciproci di intersezione tra i vari sistemi di discontinuità ed alla loro relazione con possibili superfici di rottura.

Situazioni pericolose si verificano quando diversi sistemi, intersecandosi, scompongono l'ammasso roccioso in più parti isolando numerosi blocchi. In tal modo se lungo le superfici che delimitano le porzioni rocciose (per le quali il movimento risulta cinematicamente ammissibile) viene mobilizzata la resistenza al taglio disponibile, si produce il crollo delle masse instabili verso il basso in direzione esterna al pendio (fig. 29).

Sintomatica, in questi casi, la presenza di singoli blocchi già staccati dalla parete di roccia e distribuiti al piede di quest'ultima.

Il distacco di porzioni rocciose instabili può essere innescato in genere dai seguenti fattori:

- sollecitazioni di tipo dinamico (sisma o esplosioni);
- sollecitazioni indotte dall'aumento della pressione esercitata dall'acqua nelle discontinuità;
- sollecitazioni prodotte dalla presenza di ghiaccio in pressione nelle discontinuità;
- concentrazione di sforzi non equilibrati determinata ad esempio dall'esistenza di tensioni residue.

I crolli possono interessare ampi tratti di pareti rocciose coinvolgendo notevoli masse spesso disarticolate e fratturate oppure interessare limitati distacchi parie-



Fig. 30. Effetti indotti su di un edificio dalla caduta massi instabili staccatisi da una parete rocciosa. La foto pone in evidenza come crolli di porzioni rocciose quantunque limitate ma in grado di percorrere attraverso fenomeni di proiezione, rotolio e rimbalzo notevoli tragitti, possono risultare particolarmente pericolosi.

tali di singoli elementi rocciosi dando origine alla «caduta o scendimento massi» (fig. 30).

Tale processo è caratterizzato da quell'insieme di fenomeni di distacco, proiezione, di rimbalzo e rotolio tipici di movimenti di porzioni rocciose individuali lungo un pendio (fig. 31).

La dinamica e l'evoluzione della caduta massi è principalmente influenzata:

- dalle caratteristiche morfometriche dell'intero tragitto compreso tra la zona di impatto e quella di arresto dei blocchi instabili;
- dai coefficienti di restituzione o di smorzamento (e quindi dell'energia dissipata durante gli impatti) caratteristica dei diversi materiali costituenti la «pista di discesa» delle porzioni rocciose instabili;
- dalla forma, dimensione, grado di fratturazione dei massi coinvolti dal processo di scendimento;
- dalle irregolarità, asperità, da eventuali ostacoli e dal tipo di vegetazione presenti lungo il tragitto potenzialmente percorribile dai massi;
- dalla velocità di primo impatto dei massi al piede del pendio e dal numero degli impatti successivi;
- dall'angolo di incidenza con il terreno al momento dei diversi impatti.

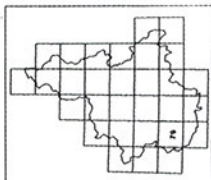


Fig. 31. La pericolosità della caduta di masse rocciose di limitate dimensioni è connessa in tal caso all'esistenza di una strada che si sviluppa immediatamente a ridosso di una parete rocciosa instabile ed alla mancanza di adeguate opere di protezione.

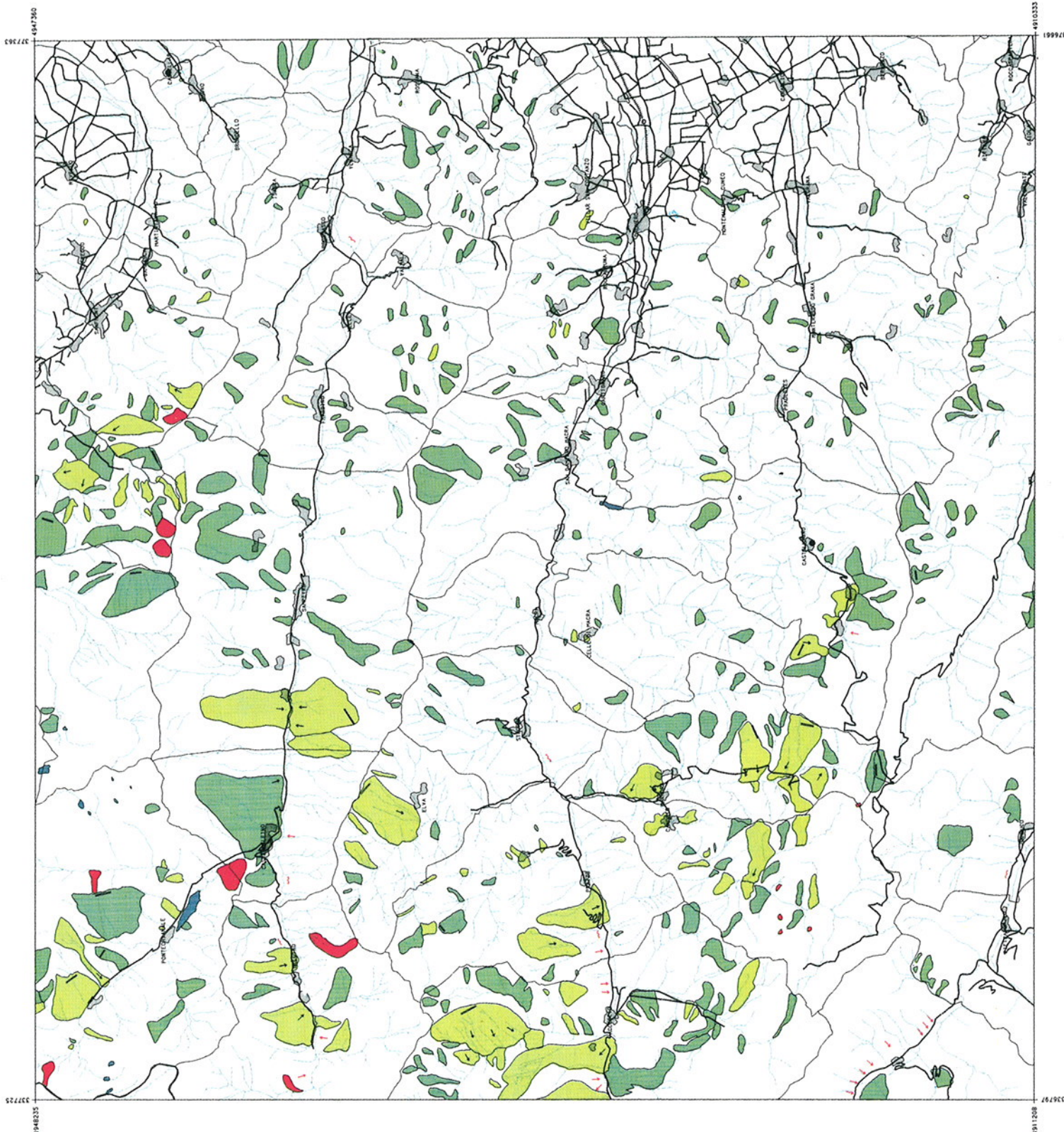
Per una più corretta comprensione del fenomeno è importante ricordare che nelle fasi che precedono il crollo vero e proprio si possono avere dislocazioni della massa rocciosa secondo diversi meccanismi:

- attraverso movimento di scivolamento lungo piani e superfici di discontinuità
- attraverso lenti e continui fenomeni di ribaltamento (primari e secondari di diverso tipo)
- attraverso il maggior grado di libertà acquisito (in seguito a movimenti relativi) da una porzione rocciosa «chiave» che svolge un ruolo di contenimento e contrasto di masse rocciose potenzialmente instabili.

Partendo dalla constatazione che i collassi di porzioni rocciose avvengono laddove le caratteristiche locali degli ammassi rocciosi sono piuttosto scadenti, si è ritenuto opportuno classificare come «attivi» tutti i crolli riportati nelle restituzioni cartografiche in quando si suppone che la probabilità che si verifichi il fenomeno di distacco di volumi rocciosi dalle pareti che hanno prodotto il collasso cartografato, non sia trascurabile. Ciò non esclude che nuovi crolli possano avvenire in versanti ove non sono mai stati segnalati in precedenza fenomeni analoghi.

[illegible]

INDICI MORFOLOGICI E STRUTTURALI DI DEFORMAZIONE GRAVITATIVA PROFONDA	FRANA NON CARTOGRAFABILE
---	--------------------------



Frane con meccanismo di movimento prevalente di tipo traslativo
(ambiente caratteristico: Langhe)

Si tratta di movimenti gravitativi che si determinano per traslazione di rocce e terreni lungo superfici piane (giunti di strato) e coinvolgono prevalentemente versanti di media e modesta inclinazione (fig. 32).

In genere è possibile distinguere tre diversi stadi evolutivi:



Fig. 32. Frana per scivolamento planare verificatasi lungo un versante caratterizzato da modesta pendenza.

- la maggior parte degli scivolamenti cartografati si sono attivati su versanti interessanti da chiari indizi di precedenti fenomeni gravitativi tipologicamente identici a quelli attuali (aventi geometrie dei corpi franosi strettamente condizionata da preesistenti discontinuità quali antiche scarpate e fratture talora beanti);
- i movimenti coinvolgono generalmente il substrato roccioso fino ad una profondità media di una decina di metri con dislocazioni planimetriche comprese tra alcu-



Fig. 33. La foto pone in evidenza un tipico scivolamento planare avvenuto lungo la superficie di strato ben visibile al centro dell'immagine. Le zolle traslate conservano integre le loro caratteristiche strutturali.

- La prima fase è caratterizzata dall'improvvisa apertura di fessurazioni trasversali subrettilinee, discontinue, concentrate soprattutto nella parte superiore del versante, spesso ben sviluppate anche in profondità; in questa fase le dislocazioni connesse con l'apertura delle fenditure risultano sempre moderate;
- la seconda fase si distingue dalla precedente, non già per la tipologia dei processi, ma per la persistenza nel tempo dei dissesti descritti che si ripetono per lo più nei medesimi luoghi anche quando sono oggetto di riassetamenti per intervento antropico. Le condizioni generali rimangono in media apparentemente stabili per molti anni e l'unico indizio di una instabilità crescente è fornito dall'incremento dei sistemi di discontinuità al contorno la cui distribuzione spaziale identifica un'incipiente destabilizzazione di un settore di versante;
- nella terza fase, si verifica il collasso con rapido scivolamento verso valle di masse disarticolate in più zolle che conservano spesso integre, soprattutto nel caso di traslazioni modeste, le caratteristiche del substrato roccioso in posto, anche dal punto di vista giaciturale (fig. 33). Si nota spesso l'esistenza di numerosi giunti di trazione obliqui rispetto alle fessure perimetrali e la presenza, nella zona inferiore del pendio, di sensibili rigonfiamenti.

I caratteri distintivi delle frane per scivolamento planare possono essere sintetizzati nei seguenti punti principali:

- ne decine di metri e centinaia di metri (fig. 34, 34 bis);
- le superfici di scivolamento con pendenze medie di 8-10 gradi corrispondono a giunti di stratificazione situati generalmente al contatto tra livelli sabbiosi e marnoso-siltosi;
- la direzione principale di movimento risulta sensibilmente parallela e spesso coincidente con l'immersione degli strati anche nelle situazioni in cui la pendenza generale del versante se ne discosta ampiamente.

Ogni previsione circa il momento di collasso è quasi sempre problematica. Il fattore intrinseco che determina la destabilizzazione del pendio è dovuto alla presenza di sottili livelli centimetrici sabbiosi (a scarsa cementazione) che essendo «confinati», in quanto intercalati agli strati marnosi, inducono elevate pressioni idriche in accordo con lo schema di fig. 35 generando pertanto l'insorgere del fenomeno gravitativo. È evidente quindi che il ruolo assunto dalle acque di infiltrazione è fondamentale.

Le piogge prolungate (1-2 mesi) e la fusione dell'eventuale manto nevoso hanno la funzione di alimentare fino a livelli critici gli orizzonti porosi che si succedono nella seria stratigrafica, mentre le precipitazioni relative agli eventi con durata di pochi giorni influiscono sui volumi idrici immagazzinabili lungo le principali discontinuità.

L'azione concomitante di questi fattori intrinseci determina quindi le condizioni favorevoli all'innescare dell'instabilità del versante.



Fig. 34, 34 bis. Scarpata principale di una frana per scivolamento planare avvenuta in rocce marnoso-arenacee. In primo piano sono visibili le zolle traslate che si sono conservate sufficientemente integre nonostante lo spostamento subito.

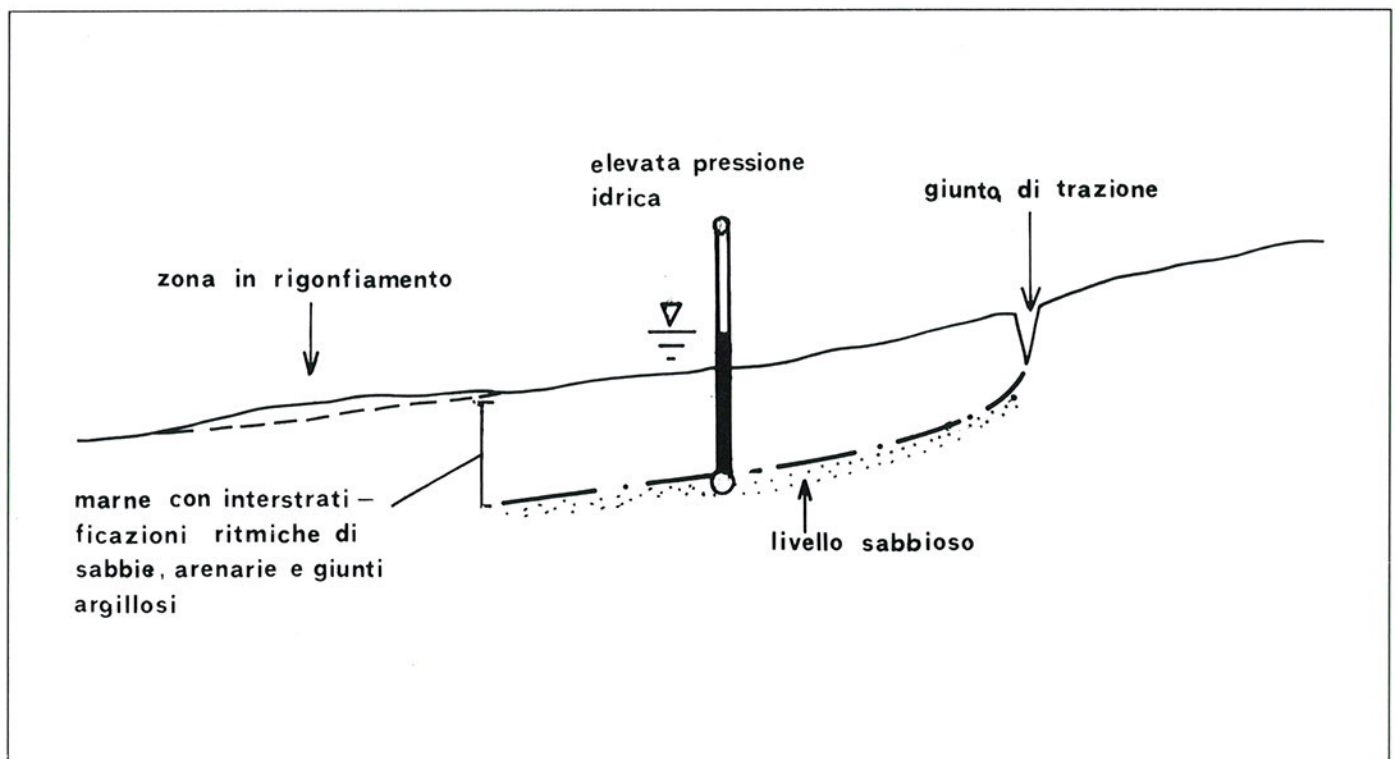


Fig. 35. Rappresentazione schematica dell'instabilità dei versanti connessa a movimenti di scivolamento planare.

Frane prevalentemente composite con meccanismi combinati per movimenti di tipo rotazionale passanti a colata (ambiente caratteristico: Astigiano)

Si tratta di fenomeni franosi la cui dinamica è condizionata da sollecitazioni che inducono un movimento di tipo rotazionale che si esaurisce verso valle in forma di colata più o meno viscosa (fig. 35 bis).



Fig. 35 bis. *Limitato ma significativo esempio di frana composta con meccanismi combinati per movimenti di tipo rotazionale passanti a colata.*

Dove prevalgono le componenti di movimento di tipo rotazionale la superficie di scivolamento è spesso concava, ma può anche essere formata da una combinazione di elementi curvi e piani lungo i quali si verificano traslazioni e rotazioni della massa coinvolta.

La scarpata principale è solitamente concava e generalmente poco inclinata, fatta esclusione per i dissesti più vasti e più profondi (10-20 m) dove appare più pendente (fig. 36, 36 bis).

Le scarpate secondarie sono presenti solo nella zona di distacco. Si notano con frequenza giunti di trazione e rilasci nelle zone di coronamento.

A volte si evidenzia lungo un fianco del movimento una serie di ondulazioni e scarpate parallele tra loro le quali si susseguono regolarmente lungo il pendio in direzione leggermente obliqua rispetto alla linea di massima pendenza. Tale fatto è da ritenersi imputabile al ruolo che la giacitura o una sua componente, gioca nella scelta della direzione lungo la quale si sviluppa il movimento.

Su pendii di notevole lunghezza e con pendenze uniformi si innescano fenomeni franosi costituiti da un insieme di movimenti parziali interagenti tra loro che si sviluppano tramite meccanismi di instabilità per richiamo a monte.

L'evoluzione di questi fenomeni nella fase di collasso è generalmente rapida e procede per fasi concatenate e successive in particolare nel tratto inferiore del corpo di frana solitamente caratterizzato da una moderata persistenza nel tempo dei movimenti.

Le frane di questo tipo interessano generalmente formazioni a prevalente componente coesiva (limosa e/

o argillosa). Si tratta in genere di minerali argillosi a bassa (kaolinite) o a media attività (ad es. illite) tendenzialmente non rigonfianti, caratterizzati da valori di resistenza al taglio residua generalmente superiori ai 15°-20°.

Studi condotti a carattere locale sembrano porre in evidenza un rapporto di causa ed effetto tra eventi di pioggia prolungati e movimenti franosi di questo tipo.



Fig. 36, 36 bis. *Parte sommitale del corpo di frana: configurazione caratteristica determinata da sollecitazioni che inducono un movimento di tipo rotazionale lungo superfici di scivolamento concave.*

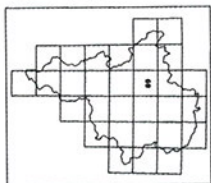
I DATI TEMATICI DERIVANO DA CARTOGRAFIE ELABORATE DAL C.N.R.-R.P.I. DI TORINO, NELL'AMBITO DI UNA RICERCA COORDINATA DAL DOTT. M. GOVI. TESA A VALUTARE IL RISCHIO SISMICO CONNESSO AD EVENTI TRODLOGICI NEL TERRITORIO PIEMONTESE, A CUI HA PARTECIPATO, PER ALCUNI ASPETTI SPECIFICI, IL SETTORE PREVENZIONE DEL RISCHIO GEOLOGICO, METEOROLOGICO E SISMICO DELLA REGIONE PIEMONTE.

FOGLIO I. G. M. 69
ASTI

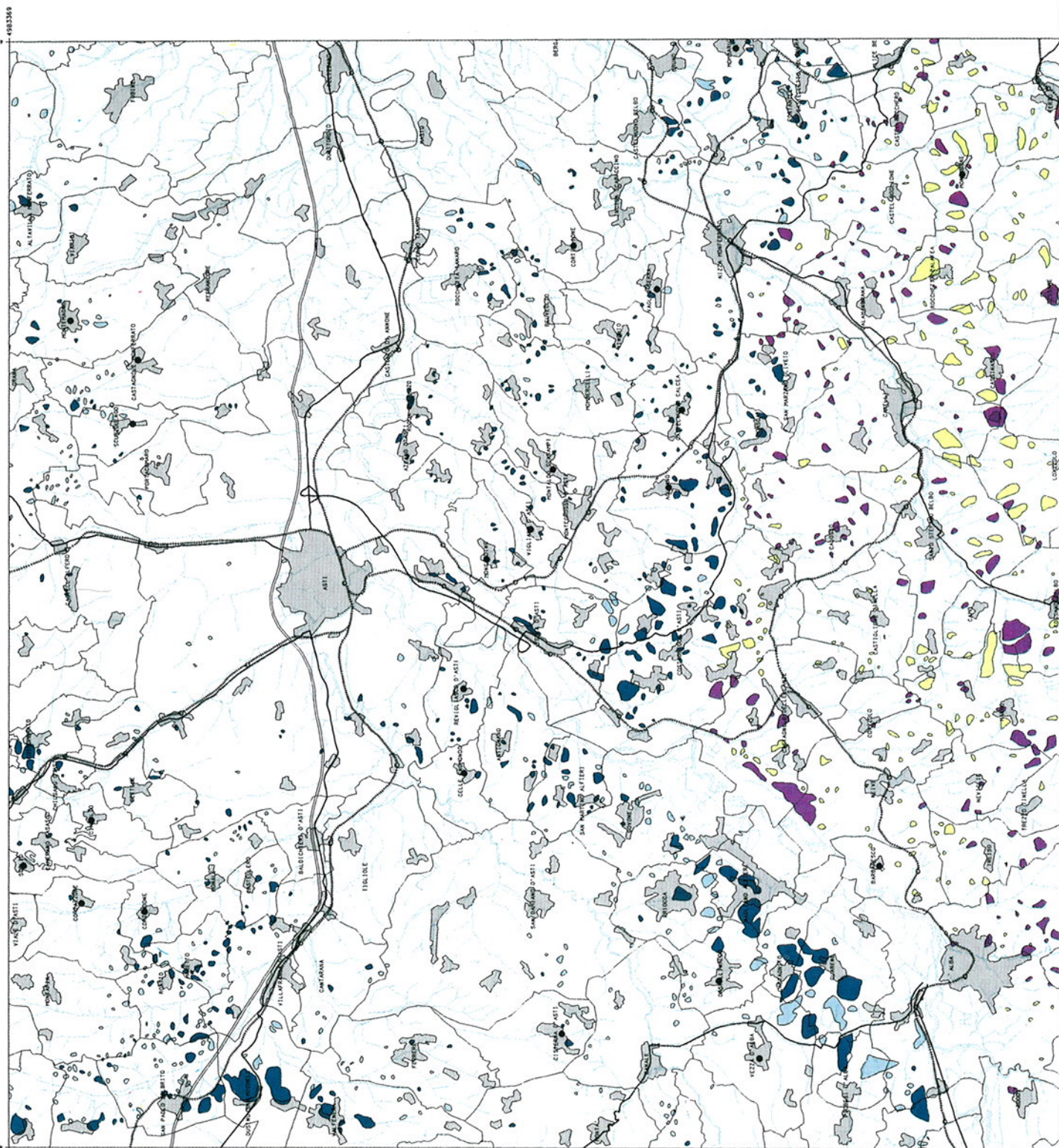
LE INFORMAZIONI TOPOGRAFICHE SONO
TRATTE DAI TIPI DELL'I.G.M. ALLA
SCALA 1:100000.

SCALA 1:100000

FRANE

[illegible]

///	INDICI MORFOLOGICI E STRUTTURALI DI DEFORMAZIONE GRAVITATIVA PROFONDA
●	FRANA NON CARTOGRAFABILE



Frane con movimento prevalentemente per colata (ambiente caratteristico: Val Borbera)

Sono frane caratterizzate generalmente da notevole lentezza che si innescano lungo versanti di pendenza varia, ma i movimenti persistono anche su settori a modestissima inclinazione (4° - 5°) (fig. 37).



Fig. 37. Tipico fenomeno franoso che si evolve per colamento. La forma caratteristica del corpo di frana suggerisce l'idea di un movimento lento e continuo della massa per processi di deformazione viscosa.

I colamenti si manifestano diffusamente soprattutto in pendii modellati in formazioni a prevalente componente argillosa e/o limosa (ad esempio: sequenze più o meno regolari di livelli argillosi intercalati a strati lapidei di varia natura e consistenza, argille con stratificazione oblitterata, inglobanti abbondanti frammenti e blocchi lapidei di natura diversa presenti disordinatamente nella massa).

Si tratta in genere di minerali argillosi fortemente «attivi» talora ad elevata capacità di rigonfiamento (ad esempio: smectite) caratterizzati da valori di resistenza al taglio residua alquanto bassi.

Il cinematismo di tali fenomeni risulta piuttosto complesso; il movimento si verifica per processi di deformazione viscosa della massa coinvolta e per scorrimento lungo superfici, non sempre definite e continue, poste al contorno della massa stessa (fig. 38). Da ciò deriva che la distribuzione delle velocità di spostamento risulta variabile nello spazio ed in generale risulta maggiore al centro rispetto ai bordi e maggiore in superficie piuttosto che in profondità.

Già nella fase iniziale l'instabilità è denunciata da significativi indizi corrispondenti a deboli ondulazioni del terreno che si traducono progressivamente in una serie di rigonfiamenti ed avvallamenti. In una fase evolutiva più avanzata tali forme tendono a disporsi secondo archi di cerchio trasversali alla direzione di movimento e, nella massa mobilizzata, compaiono temporanee fessurazioni subparallele.

Il movimento si innesca talora con modalità diverse

da quelle tipiche di una deformazione viscosa (ad esempio in unità flyschoidi in cui si possono verificare in un primo momento degli scivolamenti di tipo traslativo), ma si evolve in breve tempo sotto forma di colata. La resistenza al taglio disponibile viene in genere mobilizzata in seguito ad incrementi delle pressioni interstiziali; anche modeste variazioni sono sufficienti per in-



Fig. 38. Frana con meccanismo prevalente di colata. In primo piano la caratteristica forma lobata dell'accumulo.

durre il movimento di masse potenzialmente instabili o per determinare modificazioni significative delle velocità di spostamento.

La configurazione dei pendii spesso gioca un ruolo determinante nello sviluppo delle colate che tendono a manifestarsi in corrispondenza a depressioni, deboli incisioni ed avvallamenti dei versanti.

Il corpo di frana si presenta prevalentemente stretto ed allungato (con una certa frequenza esso è caratterizzato geometricamente da valori di lunghezza pari a 3-20 volte la sua larghezza).

La massa in movimento può suddividersi (in particolare nel tratto terminale) in più lobi con velocità di spostamento spesso diverse.

Pur non esistendo studi sistematici relativi alle relazioni tra precipitazioni e queste particolari tipologie di dissesto, è stato comunque messo in evidenza che (per lo meno nell'ultimo ventennio) le colate si sono verificate con maggior frequenza in seguito a periodi caratterizzati da piogge prolungate; allo stesso modo l'approccio di tipo osservazionale (anche se applicato ad un numero limitato di casi) sembrerebbe confermare che la velocità di spostamento di masse già in movimento subisca degli incrementi con un certo ritardo di tempo rispetto al periodo delle precipitazioni più intense; in particolare la velocità di evoluzione delle deformazioni viscosi sembrerebbe dipendere dalla quantità di precipitazione cumulata nei mesi immediatamente precedenti.

I DATI TEATICALI DERIVANO DA CARTOGRAFIE ELABORATE DAL C.N.R.-I.R.P.I. DI TORINO, NELL'AMBITO DI UNA RICERCA COORDINATA DAL COIT. N. GOV. TESA A VALUTARE L'IMPATTO AMBIENTALE DEI TEATRI NEL TERRITORIO URBANO. A CUI HA PARTECIPATO, PER ALCUNI ASPIETTI SPECIFICI, IL SETTORE PREVENZIONE DEL RISCHIO SISMICO. IL SETTORE PREVENZIONE DEL RISCHIO SISMICO, OGGI, METEOROLOGICO E SISMICO DELLA REGIONE PIEMONTE.

FOGLIO I.G.M. 71
VOGHERA

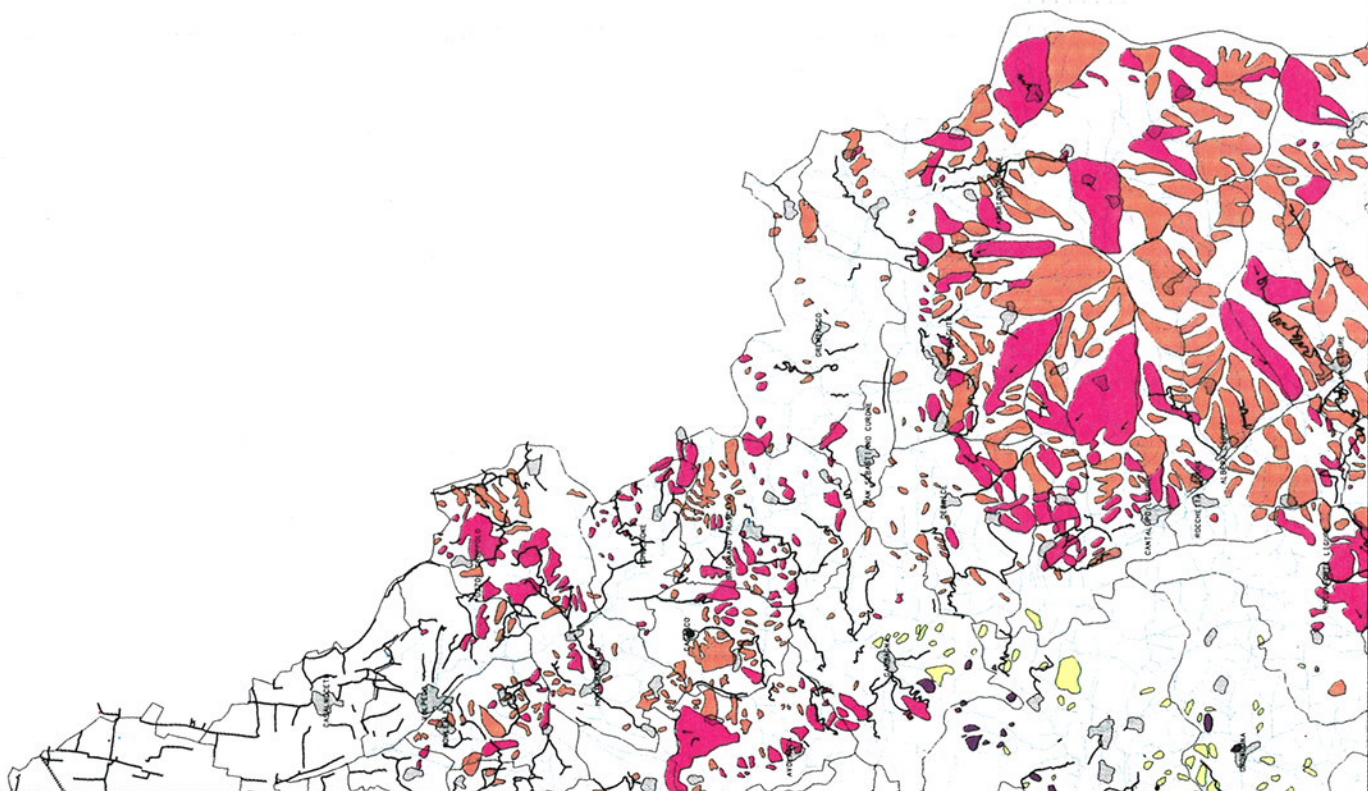
LE INFORMAZIONI TOPOGRAFICHE SONO
TRATTE DAL TIPI DELL' I.G.M. ALLA
SCALA 1:100000.

SCALA 1:100-00

FRANE

[illegible]

///	INDICI MORFOLOGICI E STRUTTURALI DI DEFORMAZIONE GRAVITATIVA PROFONDA
●	FRANA NON CARTOGRAFABILE



Carta tematica dei settori di versante vulnerabili da fenomeni franosi per fluidificazione dei terreni della copertura superficiale*

Si tratta di fenomeni franosi che si innescano durante eventi di pioggia di forte intensità per saturazione e successiva fluidificazione dei materiali sciolti costituenti i terreni superficiali. Sono frane generalmente di modesta dimensione e limitato spessore, caratterizzate da estrema rapidità che si verificano, durante il medesimo evento, con grande diffusione areale (fig. 39).



Fig. 39. Frane per fluidificazione e colamento rapido dei terreni della copertura superficiale. La foto evidenzia l'elevata densità areale di tali fenomeni.

Il dissesto si manifesta con uno scivolamento ed evolve rapidamente in colata quando possibile incanalata entro linee di drenaggio o deboli incisioni ed avvallamenti (fig. 40, 40 bis). Oltre ai terreni di copertura ed al «mantello vegetale» risultano coinvolti talora anche frammenti del substrato alterato.

L'azione innescante è attribuibile alle elevate quantità di acqua rapidamente infiltratesi negli orizzonti più superficiali dei suoli; quantità non smaltibili celermente verso gli orizzonti più profondi e meno permeabili o attraverso il substrato roccioso. Ne consegue un processo più o meno rapido di saturazione di parte o di tutta la coltre dei terreni sciolti; si forma quindi una temporanea falda acquifera parallela al versante.

In altri casi il substrato roccioso, altamente fessurato, funge da «serbatoio» ingenerando, in seguito a notevoli apporti idrici sotterranei, elevate sovrappressioni all'interfaccia suolo-roccia (in particolare per suoli di natura limosa o argillosa) a causa della differente permeabilità e conduttività idraulica dei due diversi orizzonti; questo incremento di pressione idrica determina quindi condizioni critiche di instabilità della coltre superficiale.

La velocità di spostamento verso valle delle masse in

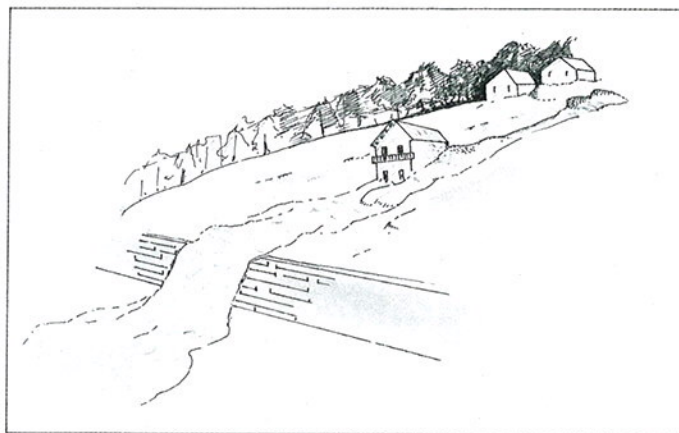


Fig. 40, 40 bis. Nella foto e nella figura sono illustrate due situazioni connesse a fenomeni franosi per fluidificazione dei terreni superficiali che si sono verificati lungo avvallamenti o deboli depressioni del pendio provocando seri danni agli edifici ivi presenti.

frana sembra essere compresa tra i 2 e i 9 m/s mentre le distanze percorribili al piede del versante, dal materiale fluidificato, possono essere talora elevate.

La distribuzione delle frane superficiali prodotte da eventi di pioggia è diffusamente condizionata dalle caratteristiche morfologiche dei versanti. Le pendenze medie sono comprese tra 16° e 45° con relativa maggiore frequenza tra 25° e 35°. La nicchia di distacco è per lo più situata in un punto di inflessione del pendio, frequentemente alla testata dei tributari di primo ordine dove le pendenze locali sono superiori a 30°. Un ruolo importante hanno le ondulazioni del terreno sviluppate parallelamente alle linee di maggior pendenza ed i terrazzi sia di modellamento antropico sia naturale (fig. 41, 41 bis); gli avvallamenti o piccole depressioni nelle quali possono concentrarsi maggiori quantità di acqua, sono quasi sempre sede di franamenti con elevata fluidificazione dei materiali. La miscela altamente mobile così formata, si incanala nelle incisioni vallive sottostanti fino a raggiungere la rete idrografica principale, della quale va ad alimentare in modo considerevole il trasporto solido. Nella maggioranza dei casi non è visibile al piede di queste frane una zona d'accumulo.

I fenomeni descritti si sviluppano con maggiore fre-

* La parte descrittiva è tratta da: GOVI M., MORTARA G., SORZANA P.F. (1985), *Eventi idrologici e frane*. Geol. Applicata e Idrogeol. 20 (2), 359-375.

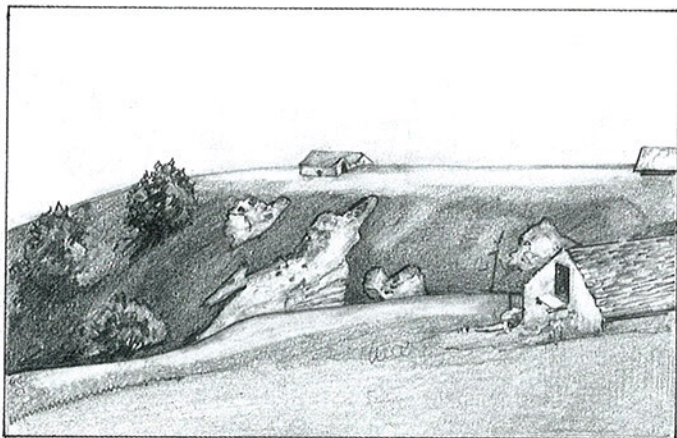


Fig. 41, 41 bis. La foto e la figura pongono in evidenza alcuni fenomeni franosi che si sono innescati, durante eventi piovosi particolarmente intensi, per saturazione e successiva fluidificazione dei terreni superficiali. I motivi morfologici caratteristici delle due zone hanno fortemente condizionato lo sviluppo dei dissesti. I movimenti si sono verificati infatti lungo le scarpate di terrazzi (artificiali e naturali) le cui superfici superiori, piane, hanno certamente favorito la concentrazione e la penetrazione nel terreno di elevate quantità d'acqua.

quenza su versanti a pascolo e prato o su coltivi. Sotto l'azione di piogge prolungate e di elevata intensità non rimangono indenni le zone coperte da bosco, soprattutto quando questo è costituito da piante con sviluppo radicale poco profondo. Le coltri detritiche costituite da materiali prevalentemente grossolani, risultano scarsamente interessate da questo tipo di dissesti, a causa della loro elevata permeabilità.

La concentrazione dei fenomeni per unità di superficie varia in funzione delle caratteristiche pluviometriche dell'evento, da qualche frana per kmq fino ad oltre 100 frane per kmq.

Un sistematico studio dei movimenti gravitativi prodotti nei terreni della copertura superficiale, durante eventi straordinari di pioggia, (condotto dal CNR-IRPI di Torino) ha messo in luce che esiste una correlazione tra frane e altezze di precipitazione. I valori critici di pioggia che innescano i primi processi di instabilità va-

riano da luogo a luogo principalmente in funzione della piovosità media annua, dell'intensità e della stagionalità.

Nell'ambito di questa ricerca sono state prese in considerazione quaranta aree provviste di stazioni pluviometriche distribuite con buona omogeneità su quasi tutto il territorio piemontese sia in zona alpina che collinare appenninica.

Tale ampia distribuzione geografica ha consentito di indagare su settori molti diversi per litologia, morfologia, altimetria, copertura vegetale e piovosità media.

Da una analisi di dettaglio degli eventi pluviometrici più significativi è stato possibile individuare sui pluviogrammi tre diversi livelli critici di precipitazione con relative intensità orarie, corrispondenti ad altrettante fasi di sviluppo dei franamenti (iniziale, media, catastrofica). Da questa ricerca è risultato che, in aree caratterizzate da condizioni confrontabili per presenza di terreni eluvio-colluviali, per pendenze comprese tra 20° e 40°, per coperture vegetali di scarsa efficienza protettiva, i fenomeni franosi per fluidificazione dei suoli possono innescarsi e svilupparsi a vari livelli di gravità solo se vengono superati determinati valori critici di precipitazione, caratteristici per ciascuna zona (per entità e tempi di ritorno), in stretta relazione alla locale quantità di precipitazione media annua.

Tali valori critici di precipitazione possono variare entro intervalli relativamente ristretti in funzione dei seguenti parametri complementari:

- intensità oraria delle piogge durante gli eventi, soprattutto nelle fasi finali;
- quantità di pioggia che ha preceduto gli eventi.

In base ai risultati acquisiti, attraverso una operazione di incrocio tra carta delle pendenze, della copertura vegetale e dei suoli e delle isoiete sono stati individuati e riportati nella cartografia qui illustrata a titolo esemplificativo i settori maggiormente vulnerabili da questo tipo di dissesto. Nell'istogramma di fig. 42 sono distinte le aree vulnerabili da fenomeni franosi per fluidificazione dei suoli in funzione dei diversi bacini idrografici.

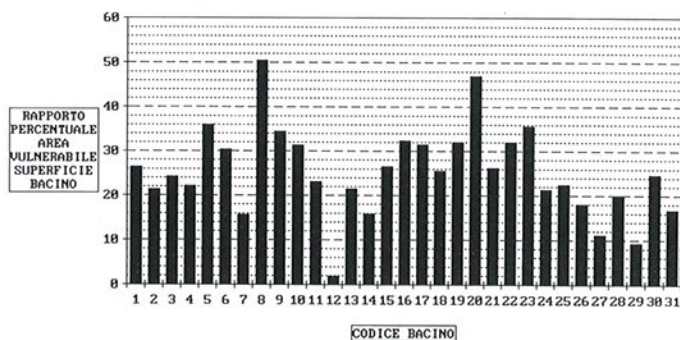


Fig. 42. Aree vulnerabili da fenomeni franosi per fluidificazione dei suoli espresse in percentuale dell'area totale occupata dai seguenti bacini idrografici:

Toce (1), Melezzo orientale (2), Lago Maggiore (3), Agogna (4), Sesia (5), Cervo (6), Elvo (7), Chiusella (8), Orco (9), Stura di Lanzo (10), Malone (11), Ceronda (12), Dora Riparia (14), Chisone (15), Pellice (18), Alto Po (17), Varaita (18), Maira (19), Grana (20), Stura di Demonte (21), Gesso (22), Pesio (23), Tanaro (24), Belbo (25), Bormida (26), Orba (27), Scrivia (28), Curone (29), Dora Baltea (30), Po (31).

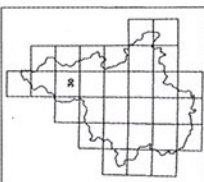


REGIONE PIEMONTE

SETTORE PREVENZIONE DEL RISCHIO GEOLOGICO, METEOROLOGICO E SISMICO

GEOS - BANCA DATI GEOLOGICA

I DATI TERNICI DERIVANO DA CARTOGRAFIE ELABORATE DA
C.N.R. - I.P.P. DI TORINO, NELL'AMBITO DI UNA RICERCA
COORDINATA DAL DOTT. N. GOVI. L'ESA A VALUTARE IL RI-
SCHIO CONNESSO AD EVENTI TORNologici NEL TERRITORIO
PIEMONTESE, IL SETTORE PREVENZIONE DEL RISCHIO GEO-
LOGICO, METEOROLOGICO E SISMICO DELLA REGIONE PIEMONTE.

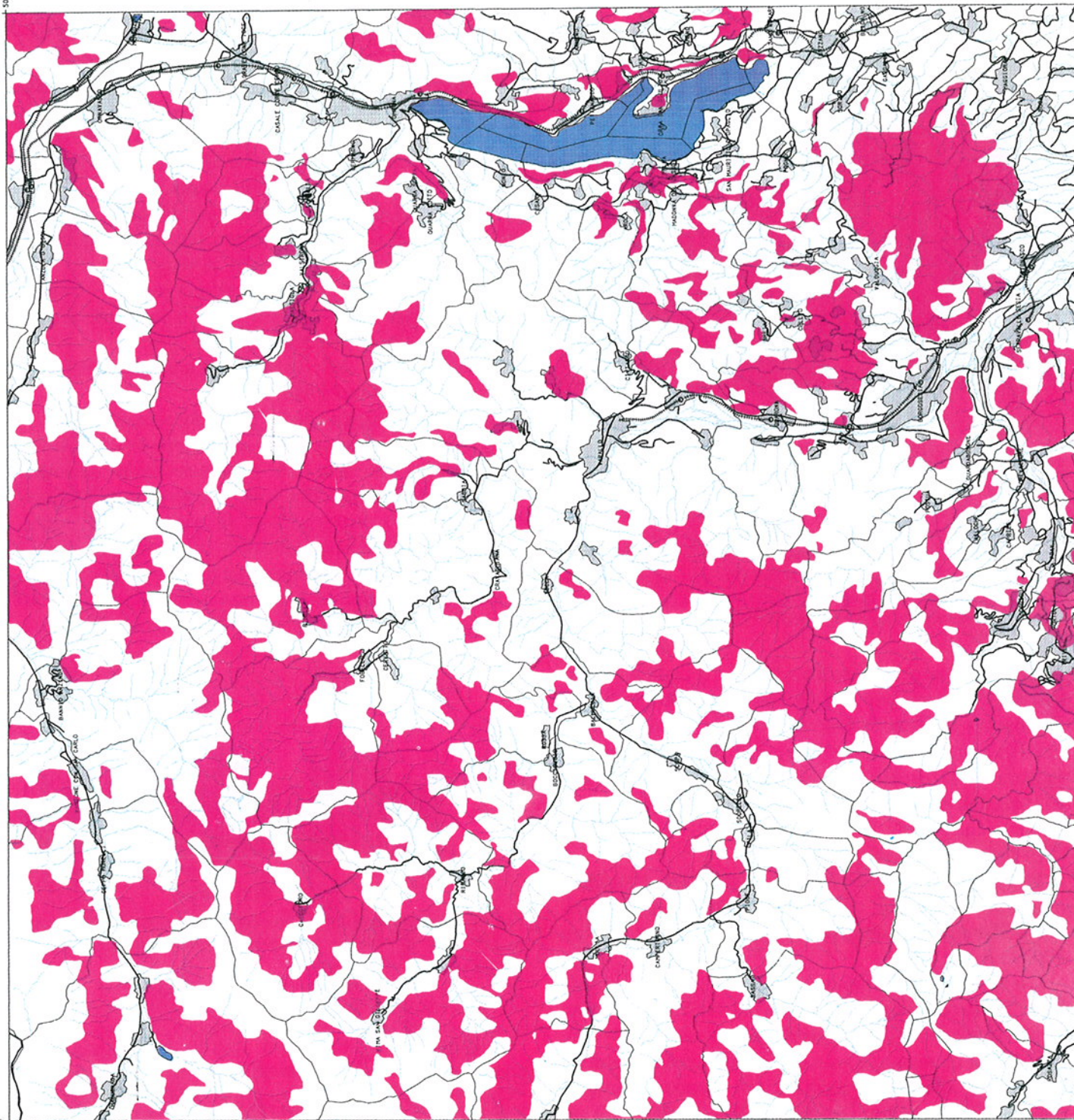


FOGLIO I.G.M. 30
VARALLO

LE INFORMAZIONI TOPOGRAFICHE SONO
STATE OBTENUTE DALL'I.G.M. ALLA
SCALA 1:100.000

SCALA 1:100000

SETTORI DI VERSANTE VULNERABILI
DA FENOMENI FRANOSI PER FLUIDI-
FICAZIONE DEI TERRENI INCERENTI
DELLA COPERTURA SUPERFICIALE



GEOS - BANCA DATI GEOLOGICA

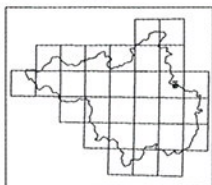
I DATI STATISTICI DERIVANO DA CARTOGRAFIE ELABORATE DAL C.N.R. I P.P. DI TORINO, NELL'AMBITO DI UNA RICERCA COORDINATA DAL DOTT. M. GIOV. TESSA A VALUTARE L'IMPATTO AMBIENTALE DELLO SCAMBIO CONNESSO ALLE ATTIVITÀ DI PRODUZIONE E DI TRASPORTO. A QUESTO SCAMBIO PARTICIPANO, PER ALCUNI ASPETTI SPECIFICI, LA SITTORE PROVINCIALE DEL NISIO GIOV. GIGIO, METEOROLOGICO E SISTEMI DELLA REGIONE PIEMONTE.

FOGLIO I. G. M. 81
CEVA

LE INFORMAZIONI TOPOGRAFICHE SONO
TRATTE DAI TIPI DELL'I.G.M. ALLA
SCALA 1:100000.

SCALA 1:100000

SETTORI DI VERSANTE VULNERABILI
DA FENOMENI FRANOSI PER FLUIDI-
FICAZIONE DEI TERRENI INCOERENTI
DELLA COPERTURA SUPERFICIALE



Carta tematica degli alveo-tipi e delle massime portate misurate o indirettamente valutate

Nell'ambito dello studio inerente la valutazione della pericolosità connessa ad eventi idrologici è stata condotta una ricerca consistente nell'analisi delle forme caratteristiche assunte dagli alvei negli ultimi 40 anni. Ciò ha comportato l'esame di numerosi tronchi d'alveo mediante fotointerpretazione di aereo-fotografie eseguite negli anni 1978-79. La persistenza nel tempo degli alvei-tipo così classificati è stata verificata tramite confronto con diverse basi topografiche e con le aereofotografie scattate in serie ripetute negli ultimi 40 anni.

È stato così possibile dedurre per buona parte della rete idrografica piemontese i processi prevalenti attraverso i quali si è sviluppato un certo tipo di modellamento e dedurre di conseguenza utili indicazioni sulle più probabili tendenze evolutive e sul grado di stabilità planoaltimetrica dei corsi d'acqua.

Nelle restituzioni cartografiche allegate i tronchi d'alveo vengono distinti con tratti diversamente colorati e vengono differenziati in funzione dell'ambiente caratteristico (alpino, collinare ed appenninico, di pianura).

Assieme alla distinzione degli alveo-tipi in cartografia sono pure indicati i punti di misura (pallino a cui è associato un codice numerico) delle massime portate osservate o indirettamente valutate nei corsi d'acqua piemontesi. Le informazioni sono state ricavate^(*) da un esame dettagliato delle pubblicazioni ufficiali di studi e di relazioni talora inedite reperite presso gli Enti interessati.

Le informazioni disponibili sono essenzialmente di due tipi:

- portate massime al colmo osservate alle stazioni idrometrografiche. Si tratta di valori generalmente ottenuti estrapolando la scala dei deflussi relativa alla sezione considerata;
- valori di portata ricavati da misure indirette. In genere, eccettuato il caso in cui la piena sia passata su una traversa o sullo sfioratore di un'opera di sbarramento, si procede al rilievo altimetrico dei segni lasciati dalla piena sulle sponde e al rilievo di alcune sezioni trasversali. Metodi collaudati permettono di valutare la portata, assegnata la scabrezza dell'alveo nel tronco considerato. A questo tipo appartengono dati raccolti in corsi d'acqua privi di stazioni di misura interessate da eventi di piena che, per la loro gravità, furono oggetto di indagini idrologiche.

(*) ANSELMO V. (1985), *Massime portate osservate o indirettamente valutate nei corsi d'acqua subalpini*. Atti e Rass. Tecn. Soc. Ing. e Arch. in Torino, 118 (10-12), 245-275.

Carta tematica delle conoidi potenzialmente attive e della frequenza dei fenomeni di trasporto in massa connessi all'attività torrentizia nei tributari minori*

I rilievi montuosi sono interessati da un reticolo idrografico minore costituito in gran parte da incisioni torrentizie ad elevata pendenza nelle quali, per effetto di piogge intense, si possono generare improvvise pulsazioni di piena. Questi eventi talora si manifestano con estrema violenza, provocando radicali modificazioni degli alvei ed effetti anche gravissimi sulle conoidi allo sbocco nelle vallate principali (fig. 43).



Fig. 43. Danni ad un centro abitato provocati dalla violenta attività torrentizia in conoide. Si notino le dimensioni dei materiali trasportati e depositati durante l'episodio di piena.

L'attività torrentizia che si può manifestare nelle conoidi edificate da parte di piccoli tributari allo sbocco in fondovalle viene generalmente sottovalutata; molti sono invece gli esempi della pericolosità di tale fenomeno. I danni più gravi che si sono registrati durante gli eventi alluvionali verificatisi nell'ultimo ventennio sono stati determinati soprattutto dall'azione svolta, con particolare intensità, da piccoli torrenti.

La pericolosità dei processi deriva principalmente dalle ingenti quantità di materiale solido spostate e dal breve intervallo di tempo entro il quale questi fenomeni solitamente si innescano e si esauriscono (da 15 minuti ad 1 ora circa).

Quando la portata di un torrente, di norma modesta o talora insignificante, subisce un incremento, nell'alveo si creano turbolenze che innescano i primi locali fenomeni di erosione delle sponde e di trasporto sul fondo. Si verifica quindi la mobilitazione e fluidificazione di elevate quantità di materiali alluvionali e detritici di differente pezzatura e granulometria presenti in alveo (o in prossimità di questo) sino, talora, alla completa asportazione dei materiali sciolti lungo l'asta torrentizia (fig. 44, 44 bis).



Fig. 44, 44 bis. Incisioni torrentizie interessate dalla completa asportazione dei materiali sciolti presenti lungo l'asta, in seguito a fenomeni di trasporto in massa.

Sono fenomeni rapidi ed improvvisi la cui entità (in termini di volumi solidi associati a determinate portate di piena) è difficilmente quantificabile in quanto si tratta di processi «autoalimentanti». La massa coinvolta, infatti, muovendosi rapidamente verso valle, prende continuamente in carico altro materiale solido generando variazioni notevoli delle portate di colmo lungo tratti anche limitati dell'asta torrentizia. In altri casi i deflussi «istantanei» sono spesso amplificati per improvviso cedimento di temporanei sbarramenti in alveo pro-

* La parte descrittiva è tratta in larga parte da: MORTARA G. (1987), *Processi torrentizi*. In «Manuale per la prevenzione dei pericoli ambientali», Amm. Prov. Torino, Torino, 16-24.

dotti da frane e da tronchi d'albero accatastati, con restituzione repentina, anche attraverso un'unica pulsazione, di notevoli volumi d'acqua associati a materiali solidi di ogni dimensione.

Laddove particolari condizioni morfologiche e topografiche lo consentono i materiali più grossolani vengono abbandonati selettivamente ai lati, formando caratteristiche cordonature (fig. 45, 45 bis).



Fig. 45, 45 bis. Le foto sono relative ad un limitato ma significativo episodio di trasporto in massa. Si notino in particolare le caratteristiche cordonature laterali e le tracce sui tronchi dell'altezza massima raggiunta dalla miscela solido-liquida. In questo caso la massa mobilizzata risulta essere composta prevalentemente da materiale sufficientemente fine.

Il processo di trasporto in massa si esaurisce nel settore di conoide ove la miscela solido-liquida, che può raggiungere il volume di diverse decine di migliaia di metri cubi, si espande, suddividendosi in più lobi (fig. 46).

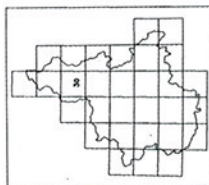
Le numerose osservazioni compiute dai Ricercatori del CNR-IRPI in seguito agli eventi alluvionali degli ultimi anni sommate ad uno studio sistematico di caratte-



Fig. 46. Conoide interessata da processi di trasporto in massa indotti da eventi piovosi particolarmente intensi e concentrati. La miscela solido-liquida mobilizzata si è distribuita espandendosi in più lobi.

rizzazione tipologica di numerosi bacini (in funzione della maggiore disponibilità in alveo di materiali sciolti, delle caratteristiche morfometriche delle aste torrentizie, della presenza nel bacino di invasi naturali e/o masse glaciali, della maggiore o minore propensione all'instabilità dei versanti e delle condizioni idrologiche e climatiche dell'area) ha consentito di valutare la potenziale attività parossistica dei torrenti montani (sia lungo l'asta, sia in conoide) durante gli eventi di piena.

In base ai dati storici d'archivio (analizzati a partire dal 1830) è stato inoltre possibile individuare nei vari bacini quei tributari che negli ultimi cento anni sono stati sede di violente manifestazioni del tipo descritto (non necessariamente in conoide) ricavandone una scala di frequenza così come riportato nella cartografia allegata.



FOGLIO I. G. M. 30
VARALLO

LE INFORMAZIONI TOPOGRAFICHE SONO
TRATTE DAI TIPI
CELL' I.G.M. ALLA
SCALA 1:100000.

SCALA 1:100000

CONCIDI POTENZIALMENTE ATTIVE E FREQUENZA
DEI FENOMENI DI TRASPORTO IN MASSA
CONNESSI ALLA ATTIVITA' TORRENTIZIA IN
IRIBUTARI MINORI

CASI DOCUMENTATI DI VIOLENZA ATTIVITA' TORRENTIZIA (TRASPORTO IN MASSA DURANTE EVENTI DI PIENA) IN FREQUENZA DEGLI EPISODI NEL PERIODO 1830 - 1981.	1 - 2 CASI
	3 - 5 CASI
	6 - 10 CASI
	PIU' DI 10 CASI

CONDIZIONI POTENZIALMENTE ATTIVE (INDIVIDUATE IN BASE ALLA CARATTERIZZAZIONE TIPOLOGICA DEI VARI BACINI RACCOLTA IN FUNZIONE DELLA MACROE O RINNEI) E DELL'ESTERNA MORFOLOGIA DI NATURA TORRENTIVA, DELLA PRESENZA NEL BACINO DI INVASI NATURALI O DI IMPORTANTI MASSE GLACIALI O NIVALI, DELLA SUSCETTIVITÀ AI FRANGENTI DEI VERSANTI E DELLE CONDIZIONI IDROLOGICHE DELL'AREA).

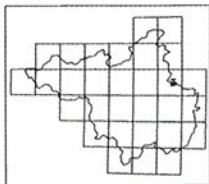


I DATI TEMATICI DERIVANO DA CARTOGRAFIE ELABORATE DAL C.N.R. - I.R.P.I. DI TORINO, NELL'AMBITO DI UNA RICERCA COORDINATA DAL DOTT. M. GOVI. TESA A VALUTARE IL RISCHIO CONNESSO A EVENTI GEOLOGICI PER IL TERRITORIO PIEMONTESE. IL SETTORE PREVENZIONE DEL RISCHIO GEOLOGICO, METEOROLOGICO E SISMICO DELLA REGIONE PIEMONTE.

FOGLIO I.G.M. 81
CEVA

LE INFORMAZIONI TOPOGRAFICHE SONO
PRELIEVATE DALL'ISTITUTO I.G.M. ALLA
SCALA 1:100.000

SCALA 1:100000



**CONDIZIONI POTENZIALMENTE ATTIVE E FREQUENZA
DEI FENOMENI DI TRASPORTO IN MASSA
CONNESSI ALLA ATTIVITA' TORRENTIZIA IN
TRIBUTARI MINORI**

CASI DOCUMENTATI DI VIOLENTA ATTIVITA' TORRENTIZIA
(TRASPORTO IN MASSA DURANTE EVENTI DI PIENA IN
FREQUENZA DEGLI EPISODI NEL PERIODO 1830 - 1981).

1 - 2 CASI
3 - 5 CASI
6 - 10 CASI
PIU' DI 10 CASI

CONDIZIONI POTENZIALMENTE ATTIVE INDIVIDUATE IN BASE ALLA
CARATTERIZZAZIONE TOPOLOGICA DEI VASI BACINATI IN
PRESENZA DI MATERIALI SCIOGLI, DELLE CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE
DELL'ASSE TORRENTIZIO, DELLA PRESENZA NEL BACINO DI INNA-
LUSTRAMENTO DI FENOMENI DI INNEVAMENTO, DI FENOMENI DI
SUSSETTIVITA' AI FRANGENTI DEI VERSANTI E DELLE CONDIZIO-
NI IDROLOGICHE DELL'AREA.



Carta tematica delle aree inondabili *

Un evento di piena è caratterizzato da un deflusso d'acqua superiore a quello che normalmente transita lungo l'alveo. In tali circostanze l'energia da dissipare cresce con l'aumentare della piena ed è quindi proprio durante tali fenomenologie che si manifestano con maggiore violenza gli effetti della dinamica fluviale. Essi possono essere così sintetizzati:

- *sollecitazioni meccaniche*: la massa d'acqua sottopone a intensi e prolungati sforzi sia gli elementi naturali dell'alveo che le strutture artificiali (opere di difesa, derivazioni, attraversamenti);
- *processi erosivi e deposizionali*: i fenomeni di erosione del materiale presente in alveo ed il suo trasporto e deposito assumono un ruolo preminente sulle modificazioni delle vie di deflusso. Tali azioni, operanti anche con quantità d'acqua relativamente modeste determinando solo piccoli spostamenti di sabbia e ghiaie minute; in condizioni idrometriche di piena possono mobilitare notevoli volumi di materiale consentendo al corso d'acqua di incidere nuovi canali, colmarne altri precedentemente attivi o riconquistare posizioni abbandonate da lungo tempo;
- *esondazioni*: quando il volume delle acque di piena non può più essere contenuto all'interno delle sponde queste vengono superate e il flusso che si origina segue una dinamica di propagazione che dipende essenzialmente dalla quantità d'acqua che fuoriesce, dalla velocità della corrente di esondazione, dalla morfologia delle zone circostanti (fig. 47).

Durante le piene lungo i corsi d'acqua arginati può manifestarsi una serie di fenomeni che portano quasi sempre al cedimento, localizzato od esteso, dei rilevati arginali e quindi ad una o più o meno violenta fuoriuscita d'acqua; le cause più frequenti sono:

- *tracimazione*: l'acqua, superato il «coronamento» dell'argine, defluisce in cascata precipitando da alcuni metri d'altezza per raggiungere il piano-campagna; nel punto di impatto si innesca un processo erosivo la cui intensità aumenta con l'aumentare sia della quantità d'acqua tracimata, sia del dislivello superato. Con il perdurare della tracimazione il rilevato arginale, generalmente costruito in terra, viene più o meno rapidamente demolito (fig. 48);
- *sifonamento*: in questo caso le acque si infiltrano attraverso il materiale che costituisce l'argine e, seguendo vie preferenziali, raggiungono la parte esterna del manufatto; lungo il tragitto asportano materiale dalla struttura e ne minano la stabilità;
- *erosione al piede*: quando la capacità erosiva della corrente fluviale si esercita lateralmente asportando materiali al piede di un argine, questo può venire

* La parte relativa agli effetti indotti dalla dinamica fluviale è stata tratta da: TURITTO O. (1987), *Dinamica fluviale*. In «Manuale per la prevenzione dei pericoli ambientali», Ammin. Prov. di Torino, 25-35.



Fig. 47. La foto, relativa ad un ampio fondovalle alpino, mette in evidenza le aree inondate (fascia in colore nocciola) dal corso d'acqua in seguito ad un evento alluvionale. Sono visibili, come tracce più chiare rispetto al verde delle aree prative, le fasce di massima espansione raggiunte dalla corrente.



Fig. 48. Effetti indotti in zona di pianura dalla tracimazione di un corso d'acqua prodottasi in seguito ad un evento di piena.

progressivamente indebolito fino alla completa distruzione.

Fenomeni di allagamento possono inoltre avvenire per rigurgito della rete idrografica secondaria e/o dei

canali artificiali per l'impossibilità di smaltire le proprie acque entro l'alveo del corso principale il cui livello di piena è molto elevato.

Le acque di esondazione trasportano, oltre ad una parte del materiale mobilizzato all'interno dell'alveo, anche frazioni più minute prese in carico lungo il loro espandimento oltre le sponde.

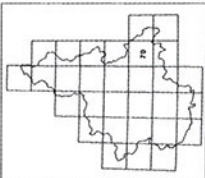
L'abbandono di tali materiali, per una più o meno brusca riduzione della velocità della corrente, dà luogo al fenomeno dell'alluvionamento.

Attraverso una meticolosa analisi dei documenti storici di archivio ed un sistematico studio interpretativo

delle aerofotografie effettuate con ripetitività sul territorio piemontese negli ultimi 40 anni è stato possibile distinguere le aree alluvionate e/o allagate lungo i corsi d'acqua con indicazioni sulle frequenze dei fenomeni negli ultimi 100 anni individuando il tipo di materiale depositato durante l'evento di piena. Nelle restituzioni cartografiche riportate a titolo esemplificativo sono quindi distinte le aree potenzialmente inondabili differenziate in funzione di tre diversi ordini di tempi di ritorno: 3-5 anni, 25-50 anni e > 50 anni, e del tipo di materiale depositato: prevalentemente ghiaioso-sabbioso, prevalentemente sabbioso, materiale limoso.



I DATI TERNATICI DERIVANO DA CARTOGRAFIE ELABORATE DAL
ISTITUTO NAZIONALE DI STATISTICA E INFORMATICA
COORDINATA DAL DOTT. M. GONDI. LE INFORMAZIONI
SCHEMATICHE AD EVENTI IDROLOGICI NEL TERRITORIO
PIEMONTESE, A CUI HA PARTECIPATO PER ALCUNI ASPETTI
IL SERVIZIO REGIONALE DI STATISTICA E INFORMATICA
GEOLOGICO, METEOROLOGICO E SISMICO DELLA REGIONE PIEMONTE.



FOGLIO I.C.M. 70
ALESSANDRIA

LE INFORMAZIONI TOPOGRAFICHE SONO
TRATTE DAL TIPO BELL'I.C.M. ALLA
SCALA 1:100000.

SCALA 1:100000

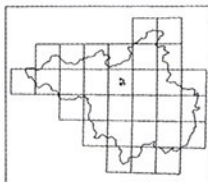
AREE INONDABILI

	AREE INONDABILI PER EVENTI DI PIENA CON TEMPI DI RITORNO COMPRESI TRA 25 E 50 ANNI.
	AREE INONDABILI PER EVENTI DI PIENA CON TEMPI DI RITORNO COMPRESI TRA 2 E 5 ANNI.
	AREE INONDABILI PER EVENTI DI PIENA CON TEMPI DI RITORNO COMPRESI TRA 25 E 50 ANNI, DETERMINATE DAL PROCESSO DI ABBASSAMENTO DEL FONDO ALVEO DETERMINATO DAL PROCESSO DI SEDIMENTAZIONE DEL FONDALTO. LE AREE INONDABILI SONO MODIFICATE NEL PROSPETTO FUTURO DA FENOMENI DI ESPANSIONE DEL FONDALTO, IN PARTICOLARE PER GLI EFFETTI DI UN PACIFICAMENTO CON AUMENTO DELLA FREQUENZA DELLE PIENE NON-ESCLUSIVE.
	INONDAZIONI CON DEPOSITO DI MATERIALE PREVALENTEMENTE GRASSO - SABBIOSO.
	INONDAZIONI CON DEPOSITO DI MATERIALE PREVALENTEMENTE SABBIOSO.
	INONDAZIONI CON DEPOSITO DI MATERIALE LIMOSO.





I DATI TEMATICI DERIVANO DA CARTOGRAFIE ELABORATE DAL
COORDINAMENTO DEI DATI TOPOGRAFICI E DA UNA RICERCA
GEOLOGICA E SISMICA EFFETTUATA NEL TERRITORIO
PIEMONTESE, A CUI HA PARTECIPATO, PER ALCUNI ASPETTI
TECNICI, IL SERVIZIO REGIONALE DEL RISCHIO GEOLOGICO,
METEOROLOGICO E SISMICO DELLA REGIONE PIEMONTE.



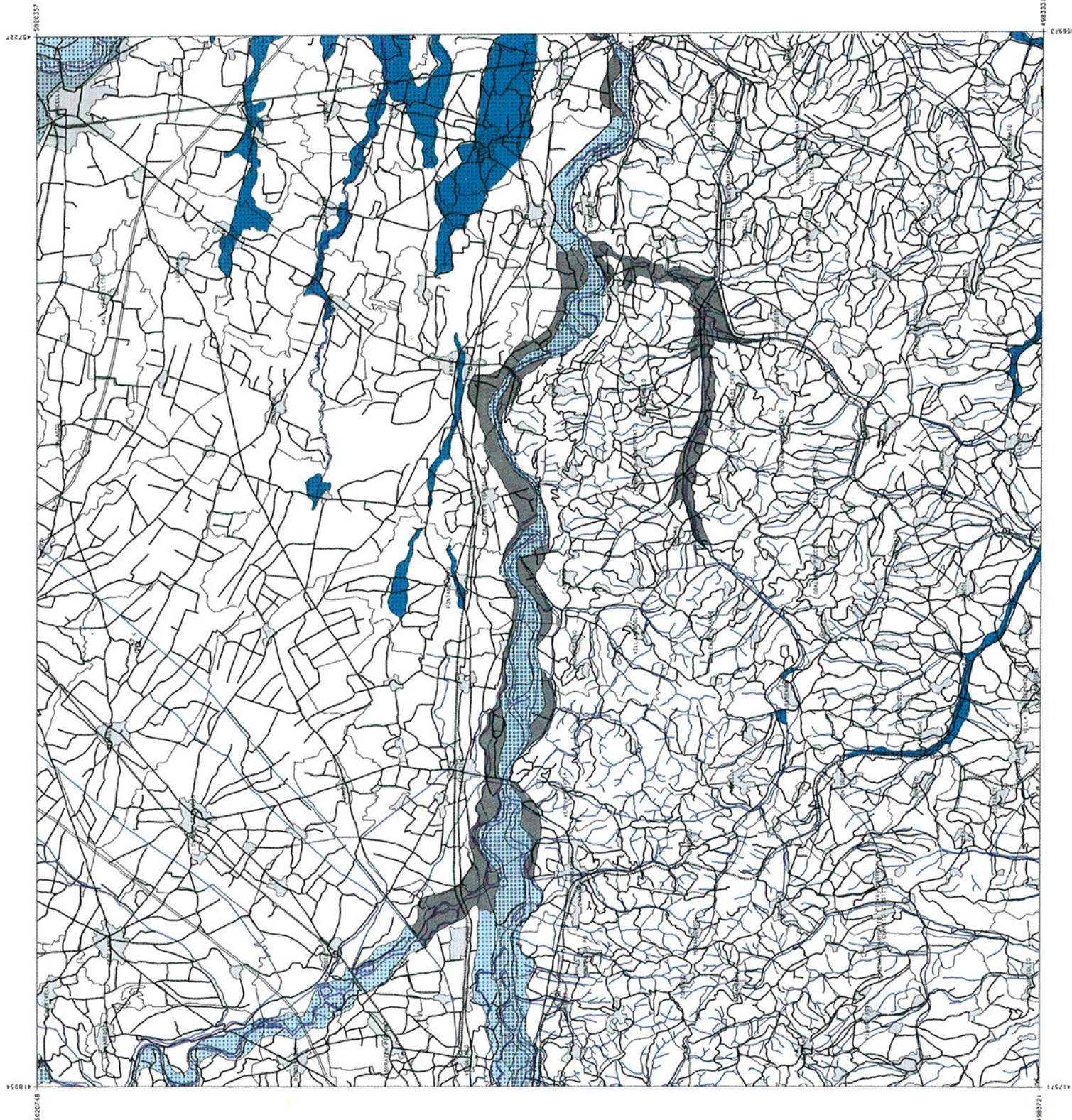
FOGLIO I.G.M. 57
VERCELLI

LE INFORMAZIONI TOPOGRAFICHE SONO
TRATTE DATI TIPI DELL'I.G.M. ALLA
SCALA 1:100.000.

SCALA 1:100000

AREE INONDABILI

	AREE INONDABILI PER EVENTI DI PIENA CON TEMPI DI RITORNO COMPRESI TRA 25 E 50 ANNI.
	AREE INONDABILI PER EVENTI DI PIENA CON TEMPI DI RITORNO COMPRESI TRA 3 E 5 ANNI.
	AREE INONDABILI PER EVENTI DI PIENA CON TEMPI DI RITORNO SUPERIORI AD UNA SOLA "ALTA" SITUAZIONE DETERMINATA DA PROCESSI DI ABBASSAMENTO DEL FONDO ALVEO E DA MODIFICHE ALLE CARATTERISTICHE IDRAULICHE CHE POSSONO ESSERE MODIFICATE NEL PROSSIMO FUTURO DA FENOMENI DI NON CONTENUTE.
	INONDABILI CON DEPOSITO DI MATERIALE PREVALENTEMENTE SFRUTTATO - SABBIOSO.
	INONDABILI CON DEPOSITO DI MATERIALE PREVALENTEMENTE SABBIOSO.
	INONDABILI CON DEPOSITO DI MATERIALE LOMBO.



Carta tematica dei danni alla rete viaria ed ai ponti

I danni indotti dalle frane, dai processi erosivi e dagli alluvionamenti alla rete viaria ed ai ponti sono stati sistematicamente raccolti in tutto il Piemonte esaminando la documentazione disponibile presso gli Uffici Tecnici del Genio Civile, degli Ispettorati Forestali, delle



Fig. 49. Danni provocati da un evento alluvionale alla rete viaria. Si noti al centro della foto il movimento franoso che ha coinvolto un ampio tratto della sede stradale ed il ponte distrutto in seguito ai processi erosivi e di trasporto connessi alla violenta attività del corso d'acqua.

Comunità Montane e delle Amministrazioni Provinciali e Comunali (fig. 49, 50).

I danni ai ponti ed alla rete stradale e ferroviaria, distinti in funzione del processo che li ha provocati, sono stati riportati nelle cartografie allegate segnalando il numero di casi accertati nel periodo considerato (1830-1981). Per i ponti è stata pure segnalata l'entità del danno stesso.



Fig. 50. Ponte ferroviario distrutto in seguito ad una piena straordinaria provocata da un evento alluvionale di particolare intensità.

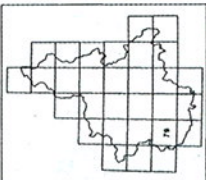
I DATI TEMATICI DERIVANO DA CARTOGRAFIE ELABORATE DAL C.N.R.-I.R.P.I. DI TORINO, NELL'AMBITO DI UNA RICERCA COLLABORATIVA CON LA REGIONE PIEMONTE, IN UN'OTTICA DI SCILLO CONNESSO AD EVENTI IDROLOGICI NEL TERRITORIO PIEMONTESE. A CUI HA PARTECIPATO, PER ALCUNI ASPETTI SPECIFICI, IL SETTORE PREVENZIONE DEL RISCHIO GEOLOGICO, METEOROLOGICO E SISMICO DELLA REGIONE PIEMONTE.

FOGLIO I.G.M. 79
DRONERO

LE INFORMAZIONI TOPOGRAFICHE SONO TRATTE DAL TIPO DELL'I.G.M. ALLA SCALA 1:100000.

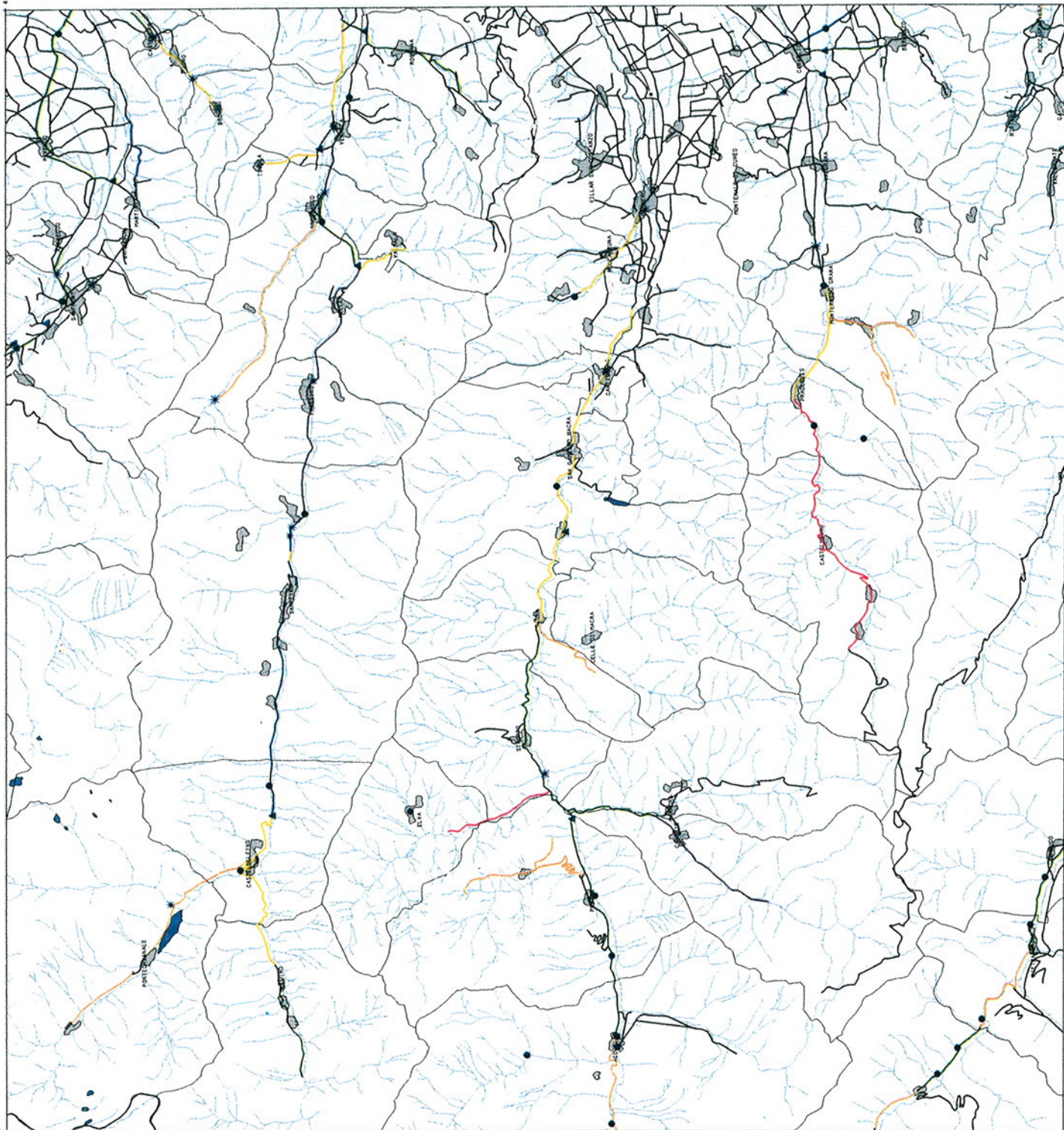
SCALA 1:100000

**DANNI ALLA RETE VIARIA
(STRADALE E FERROVIARIA)
ED AI PONTI**



RETE STRADALE E FERROVIARIA	
TRONCHI SOGGETTI AD INTERRUZIONI PER ATTIVITA' FLUVIALE O TORRENTIZIA	
DA 1 A 3 CASI ACCERTATI	
DA 4 AD 8 CASI ACCERTATI	
PIU' DI 8 CASI ACCERTATI	
TRONCHI SOGGETTI DA INTERRUZIONI PER FRANE	
DA 1 A 3 CASI ACCERTATI	
DA 4 AD 8 CASI ACCERTATI	
PIU' DI 8 CASI ACCERTATI	

PONTI	
* PONTE DANNEGGIATO	
● PONTE DISTRUTTO	
▲ PONTE CHE IN OCCASIONI DIVERSE HA SUBITO DANNI E DISTRUZIONI	
NUMERO DEI CASI ACCERTATI	
● DA 1 A 2 CASI ACCERTATI	
● DA 3 AD 6 CASI ACCERTATI	
● PIU' DI 6 CASI ACCERTATI	



I DATI TEMATICI DERIVANO DA CARTOGRAFIE ELABORATE DAL C.N.R.-I.R.P.I. DI TORINO, NELL'AMBITO DI UNA RICERCA COORDINATA DAL DOTT. M. GIOVANNI, TESA A VALUTARE IL RISCHIO SISMICO E SISMOTECNICO IN ALCUNE AREE DEL TERRITORIO PIEMONTESE, A CUI HA PARTECIPATO PER IL SUO APPORTO SPECIFICI, IL SETTORE PREVENZIONE DEL RISCHIO GEOLOGICO, METEOROLOGICO E SISMICO DELLA REGIONE PIEMONTE.

FOGLIO I.G.M. 81
CEVA

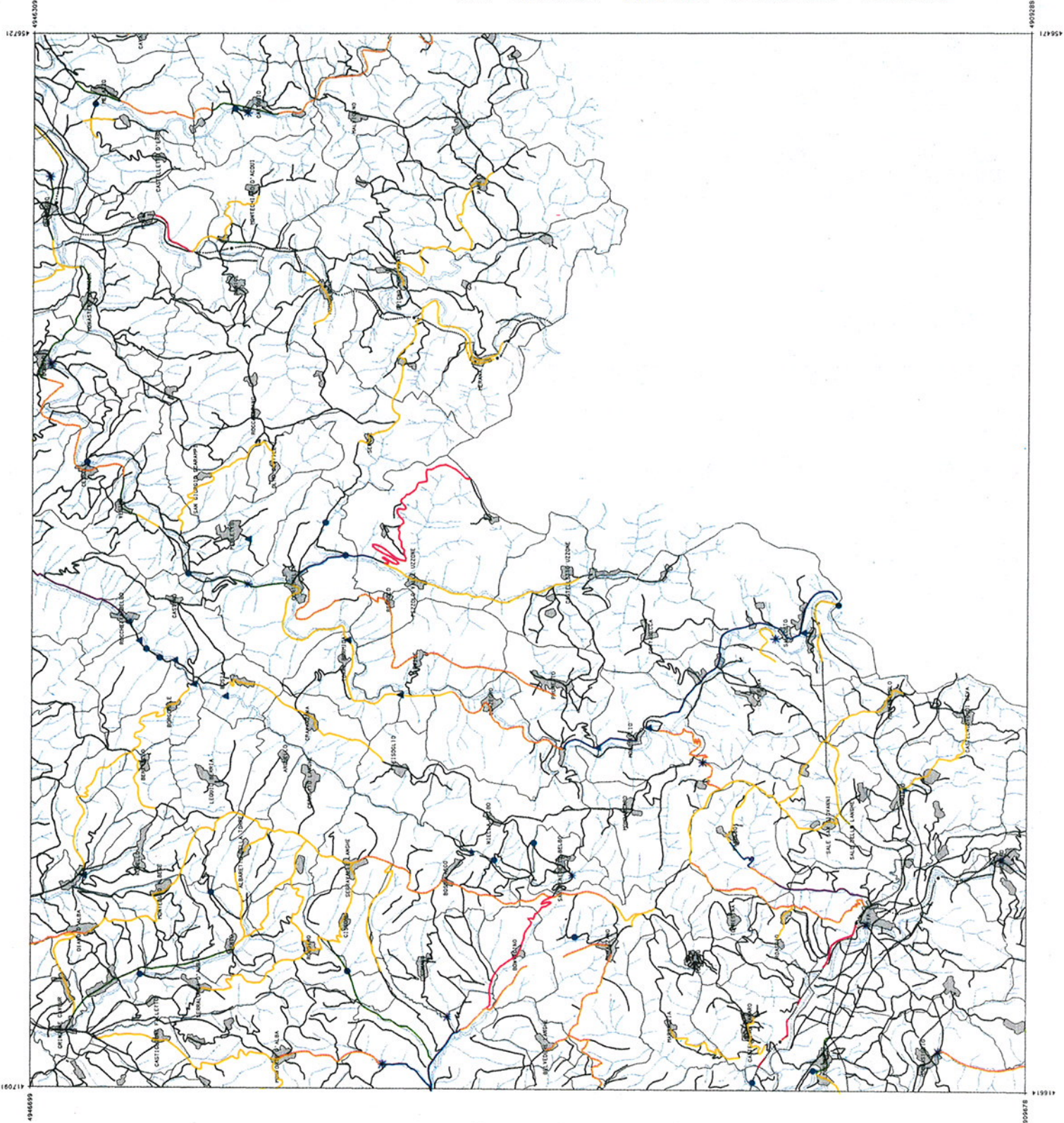
LE INFORMAZIONI TOPOGRAFICHE SONO
PRELIEVATE DALLA CARTA I.G.M. DELL'I.C.T.R. ALLA
SCALA 1:100.000.

SCALA 1:100000

DANNI ALLA RETE VIARIA
(STRADALE E FERROVIARIA)
ED AI PONTI

RETE STRADALE E FERROVIARIA	
TRONCHI SOGGETTI AD INTERRUZIONI PER ATTIVITA' FLOVIALE O TORRENTIZIA	
DA 1 A 3 CASI ACCERTATI	
DA 4 AD 8 CASI ACCERTATI	
PIU' DI 8 CASI ACCERTATI	
TRONCHI SOGGETTI DA INTERRUZIONI PER FRANE	
DA 1 A 3 CASI ACCERTATI	
DA 4 AD 8 CASI ACCERTATI	
PIU' DI 8 CASI ACCERTATI	

PONTI	
* PONTE DANNEGGIATO	
● PONTE DISTRUTTO	
▲ PONTE CHE IN OCCASIONI DIVERSE HA SUBITO DANNI E DISTRUZIONI	
NUMERO DEI CASI ACCERTATI	
DA 1 A 2 CASI ACCERTATI	
DA 3 AD 6 CASI ACCERTATI	
PIU' DI 6 CASI ACCERTATI	



Carta tematica dei danni ai centri abitati

Numerose notizie storiche inerenti i danni subiti dai centri abitati in Piemonte nel periodo 1830-1981 sono state raccolte e analizzate sistematicamente (fig. 51, 52, 53).



Fig. 51. Danni ai centri abitati: settore di conoide riattivato per fenomeni di alluvionamenti con deposizione di materiali grossolani.



Fig. 53. Danni ai centri abitati: l'aspetto di un corso d'acqua minore successivamente ad un evento alluvionale.

Il quadro conoscitivo che ne è emerso ha consentito di segnalare per numerosi centri abitati i danni subiti distinti in funzione del processo che li ha provocati, della frequenza e dell'entità dei danni stessi (fig. 54).



Fig. 52. Danni ai centri abitati: evidenti lesioni ad un fienile provocate da un fenomeno franoso.

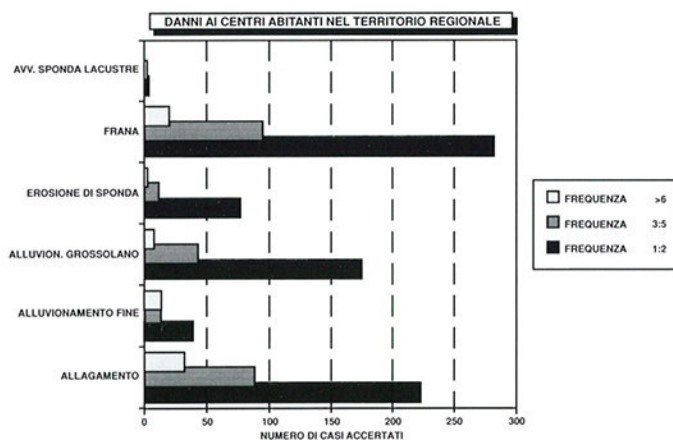
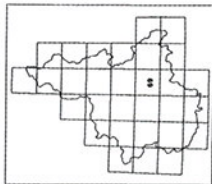


Fig. 54. Danni ai centri abitati accertati in Piemonte, distinti in funzione del processo che li ha provocati, e della frequenza.

I DATI TEPATICI DERIVANO DA CARTOGRAFIE ELABORATE DAL
COORDINATA DAL DOT. L. ORIO NEL 1981. L'ORDINE DI UNA RICERCA
SCHIO CONNESSO AD EVENTI IDROLOGICI NEL TERRITORIO
PIEMONTESE. A CUI HA PARTECIPATO, PER ALCUNI ASPETTI
SPECIFICI, IL COMITATO REGIONALE DEL RISCHIO GEOLOGICO,
METEOROLOGICO E SISMICO DELLA REGIONE PIEMONTE.

FOGLIO I.G.M. 69
ASTI



LE INFORMAZIONI IDROLOGICHE SONO
TRATTE DAL TIPO I.G.M. ALLA
SCALA 1:100000.

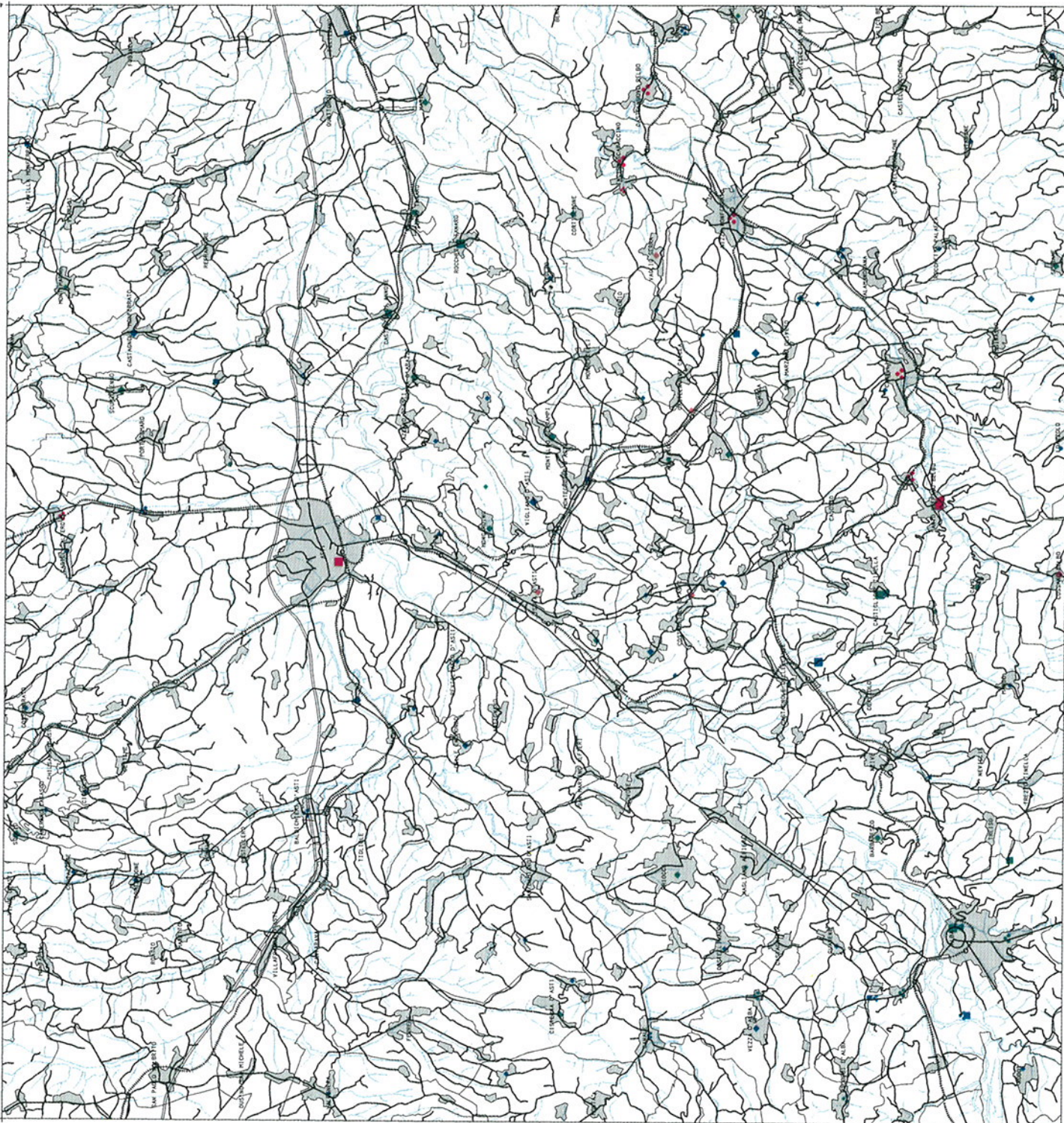
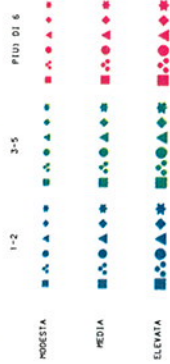
SCALA 1:100000

DANNI AI CENTRI ABITATI

■	CENTRO ABITATO DANNEGGIATO PER ALLUVIONE
●	CENTRO ABITATO DANNEGGIATO PER ALLUVIONAMENTO FINE
●	CENTRO ABITATO DANNEGGIATO PER ALLUVIONAMENTO SPOSSANDO
▲	CENTRO ABITATO DANNEGGIATO PER EROSIONE DI SPONDA
◆	CENTRO ABITATO DANNEGGIATO PER FRANA
*	CENTRO ABITATO DANNEGGIATO PER AVVALIMENTO DI SPONDA LACUSTE

NUMERO DEI CASI ACCERTATI
NEL PERIODO CONSIDERATO
(1830-1981)

GRAVITA'
DEI
DANNI



Carta tematica delle unità litologiche

La carta delle unità litologiche è derivata da una sistematica operazione di classificazione ed aggregazione, per gruppi omogenei, delle diverse unità, formazioni geologiche e dei complessi geologici presenti nella Regione Piemonte.

Adottando infatti i criteri di analisi delle caratteristiche litotecniche e strutturali e del riconoscimento di caratteristiche tipologie di dissesto che si verificano entro determinati ambiti geolitologici, è stato possibile suddividere il territorio in quindici grandi unità litotecniche.

La legenda e le note esplicative allegate alla cartografia tecnica specifica risultano organizzate in tre settori ben distinti che raccolgono ed organizzano informazioni relative:

- alle caratteristiche litotecniche dell'unità litologica;
- all'instabilità dei versanti;
- alla dinamica fluviale.

Caratteristiche litotecniche

Viene fornita una descrizione dell'unità in esame a cui segue una serie di notizie concernenti l'assetto prevalente ed i caratteri strutturali.

Le informazioni contenute sotto la voce «indicazioni sulle caratteristiche e sul comportamento fisico dell'unità litologica», derivate volgendo particolarmente l'attenzione ai problemi di stabilità dei versanti, consentono di trarre utili indicazioni, per quanto a livello di approccio, sul comportamento fisico dell'unità di volume rappresentativa dell'unità litologica e possono risultare propedeutiche alla definizione di un modello geomeccanico di larga massima.

La quarta ed ultima voce è relativa ad una descrizione

dei fenomeni superficiali per i quali vengono rese disponibili informazioni concernenti indicazioni sulla granulometria e valutazioni sulle caratteristiche di drenaggio.

La terminologia impiegata per descrivere i dati contenuti nella seconda e terza voce fanno espressamente riferimento alle normative elaborate dall'ISRM (International Society Rock Mechanics/Commission on Classification of Rock and Rock Masses), *Basic geotechnical description of rock masses (BGD)*, I.J. Rock Mech. Min. Sci e Geomech. Abstr., vol. 18, 1981.

Instabilità dei versanti

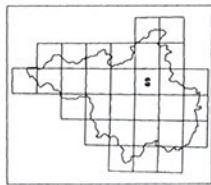
Le prime due voci riportano informazioni relative ad indicazioni sul grado di instabilità dei versanti distinguendo tra fenomeni che coinvolgono il substrato (frane profonde) e quelli che interessano la coltre superficiale (frane superficiali). In entrambi i casi vengono forniti elementi conoscitivi sui fattori predisponenti il dissesto e sulle principali cause innescanti.

Le ultime voci consentono di trarre indicazioni sulle aree in frana riguardanti il substrato (frane profonde) espresse in percentuale dell'area totale occupata da ciascuna unità litologica (segnalata tra parentesi in ettari) e sulla pendenza media dei versanti coinvolti da frane profonde (vengono segnalati: il valore medio, il numero delle determinazioni e lo scarto quadratico).

Attività torrentizia e dinamica fluviale

Vengono fornite informazioni inerenti i principali processi che si verificano lungo la rete idrografica ed indicazioni sulla frequenza media dei corsi d'acqua per kmq e ricavata a partire dalla cartografia IGM 1:25.000.

I DATI TETAPICI DERIVANO DA CARTOGRAFIE ELABORATE DAL C.N.R. E DALL'ISTITUTO DI INGEGNERIA E GEOTECNICA DELL'UNIVERSITA' DI TORINO. LE INFORMAZIONI TOPOGRAFICHE SONO TRATTE DAI TIPI DELL'I.G.M. ALLA SCALA 1:100.000.

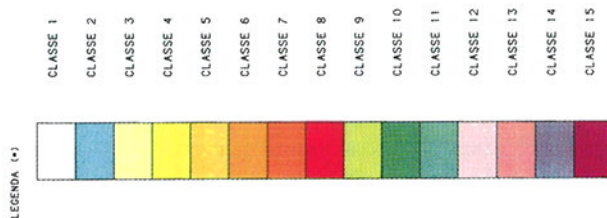


FOLIO I.G.M. 69
ASTI

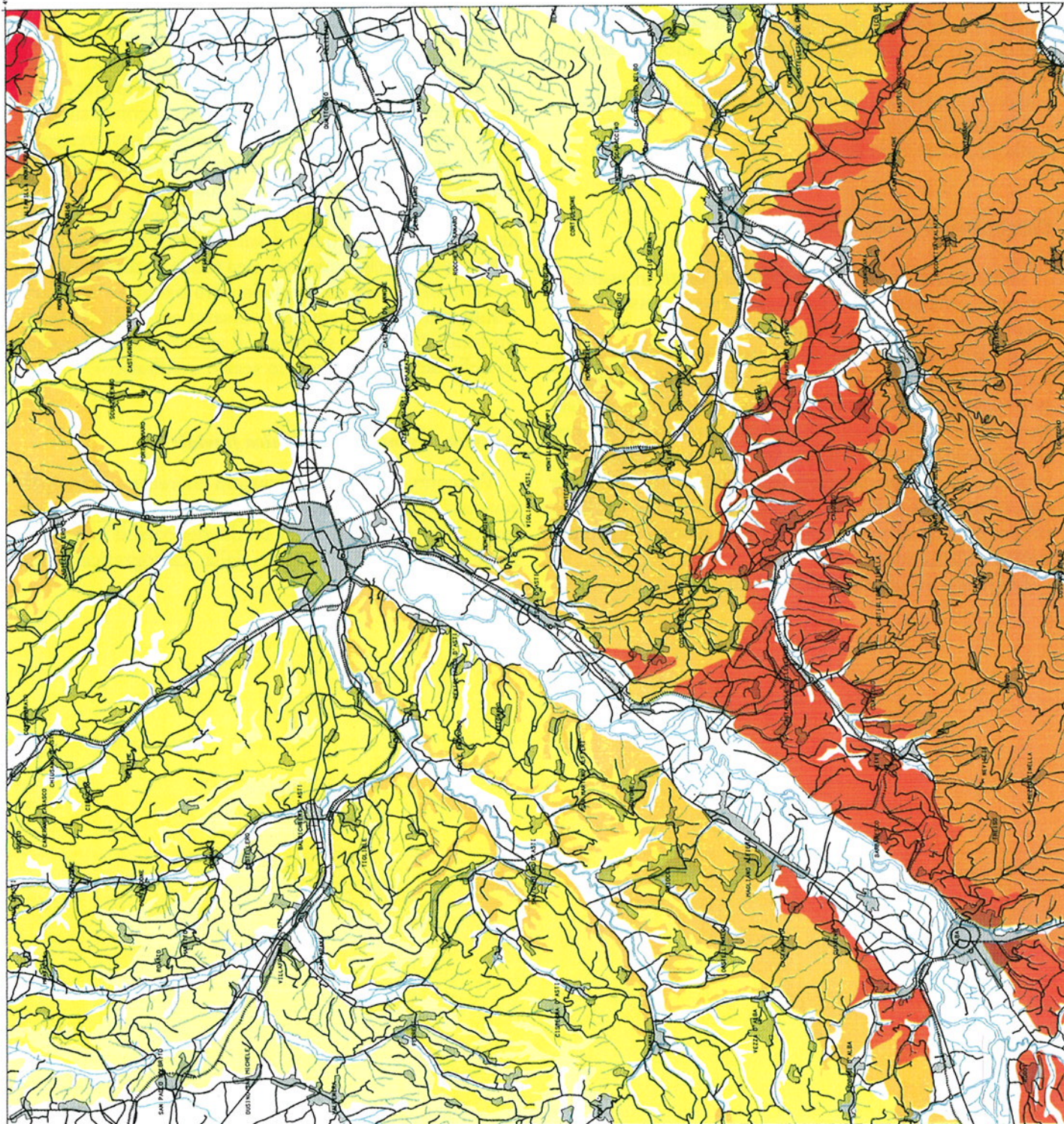
LE INFORMAZIONI TOPOGRAFICHE SONO TRATTE DAI TIPI DELL'I.G.M. ALLA SCALA 1:100.000.

SCALA 1:100.000

LITOLOGIA

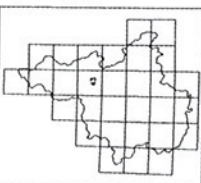


NOTA (*) : LA LEGENDA COMPLETA E' STATA PREDISPOSTA A PARTE, DATA LA SUA COMPLESSITA'.





I DATI TERNITICI DERIVANO DA CARTOGRAFIE ELABORATE DAL
C.N.R. - I.S.G.E. - NEL 1970, IN COLLABORAZIONE CON LA
COORDINATA DAL DOTT. M. GONZALEZ, NEL 1971, LA RICERCA
SCIENTIFICA, CONNESSO AD EVENTI IDROLOGICI, NEL TERRITORIO
PIEMONTESE, A CUI HA PARTECIPATO, PER ALCUNI ASPETTI
SPECIFICI, IL SERVIZIO REGIONALE DI GEOMORFOLOGIA E
GEOLOGIA, METEOROLOGICO E SISMICO DELLA REGIONE PIEMONTE.



FOGLIO I.G.M. 43
BIELLA

LE INFORMAZIONI TOPOGRAFICHE SONO
TRATTE DAI TIRI DELL'I.G.M. ALLA
SCALA 1:100.000.

SCALA 1:100000

LITOLOGIA

LEGENDA (*)



CLASSE 1
CLASSE 2
CLASSE 3
CLASSE 4
CLASSE 5
CLASSE 6
CLASSE 7
CLASSE 8
CLASSE 9
CLASSE 10
CLASSE 11
CLASSE 12
CLASSE 13
CLASSE 14
CLASSE 15

NOTA (*) LA LEGENDA COMPLETA E' STATA PREDISPOSTA
A PARTE, DATA LA SUA COMPLESSITA'.

Puntualizzazioni e considerazioni conclusive

FERRUCCIO FORLATI

Settore Prevenzione rischio geologico, meteorologico e sismico, Regione Piemonte, Torino.

L'iniziativa di raccogliere ed organizzare in una Banca Dati geologica il patrimonio di informazioni a valenza geologica ed idrologica disponibile sull'intero territorio, risulta, senza dubbio, particolarmente utile per avviare studi ed analisi volti alla difesa e salvaguardia dagli eventi naturali.

I dati e le informazioni fruibili per mezzo della Banca Dati consentono di ricavare un quadro conoscitivo a carattere territoriale che acquisisce significato in un contesto di interventi ed indagini a livello di programmazione regionale.

Ogni impiego di tale quadro conoscitivo per la conduzione di analisi a carattere locale risulterebbe assai scorretto forzando lo «strumento» Banca Dati entro ambiti per i quali non è stato originariamente sviluppato.

Risulta pertanto chiaro come, nel caso di analisi puntuali, i dati resi disponibili trovino il loro logico impiego nel fornire indicazioni, indirizzi ed orientamenti in base ai quali definire gli studi, gli approfondimenti e gli affinamenti necessari per la comprensione delle problematiche specifiche in esame.

Le informazioni archiviate in Banca Dati fanno riferimento a due diverse categorie:

- dati oggettivamente documentabili,
- dati interpretati.

Alla prima categoria appartengono tutte quelle informazioni direttamente acquisibili, non derivate da valutazioni (ad es.: dati strumentali).

Alla seconda appartengono tutte quelle informazioni ricavate indirettamente attraverso valutazioni ed interpretazioni.

All'interno di quest'ultima categoria è possibile effettuare una ulteriore suddivisione distinguendo le interpretazioni derivate da elaborazione ed estrapolazione di dati oggettivamente documentabili (ad es.: analisi statistiche), dalle interpretazioni validate in base all'esperienza ricorrendo a considerazioni, valutazioni e confronti con situazioni analoghe già date per riconosciute ed acquisite.

Spesso il geologo per arrivare a riconoscere ed analizzare determinati fenomeni (ad es.: movimenti franosi) deve avvalersi di criteri di approccio e di studio che fanno riferimento ad operazioni non direttamente consequenziali e distinguibili tra loro, ma spesso compenetrare in un continuo ciclo iterativo di ipotesi, analisi e verifica.

L'ipotesi iniziale viene generalmente definita sulla base di un quadro conoscitivo preliminare (studi ed in-

dagini precedenti, dati oggettivamente documentabili, conoscenze sull'argomento...) e costituisce il primo passo di un ciclo iterativo di ipotesi e verifiche successive in cui il numero di iterazioni o meglio la «convergenza della serie di iterazioni» viene stabilita in funzione dell'esperienza maturata sino a quel momento.

Si è volutamente sottolineato ed evidenziato l'aspetto temporale connesso al grado di esperienza maturato, in quando il geologo è spesso chiamato ad operare in un campo in cui a distanza di pochi anni le conoscenze scientifiche si incrementano con notevole rapidità.

In analogia all'ingegnere che analizza e valuta i dati conoscitivi ed indirizza le scelte progettuali alla luce del proprio «Engineering judgment», così pure il geologo accresce le proprie capacità di analisi e acquisisce sempre maggiore sensibilità ai problemi quanto più è stato in grado di ampliare continuamente le proprie conoscenze e validarle attraverso la pratica applicativa.

Ritornando agli aspetti connessi alla validità delle informazioni si può quindi affermare che tutti i dati che concorrono a definire un determinato quadro conoscitivo sono pertanto da ritenersi «datati» e quindi necessitano di continui aggiornamenti. Le informazioni oggettivamente documentabili vanno integrate perché nel tempo aumenta la serie dei dati storici disponibili e spesso perché vengono scoperte nuove fonti di informazioni non tenute in conto al momento dell'archiviazione.

Le informazioni derivate da interpretazioni vanno invece riviste e tarate alla luce delle esperienze, delle conoscenze specifiche e delle informazioni oggettivamente documentabili man mano acquisite.

Il mettere a disposizione della comunità tecnico scientifica ed amministrativa le informazioni a valenza geologica ed idrologica raccolte sistematicamente sul territorio se da un lato rappresenta il raggiungimento di un obiettivo prefissato, dall'altro rappresenta l'avvio di un ciclo di integrazione, aggiornamento e verifica continua dei dati archiviati.

La Banca Dati si configura quindi come un «cantiere» sempre attivo, un lavoro costantemente «in fieri» di progressiva implementazione degli archivi.

Alla scelta di diffondere i dati raccolti sul territorio deve allora necessariamente seguire la precisa volontà di dare sempre più spazio a questa iniziativa costituendo, come primo fondamentale passo, le strutture di diffusione, gestione, di supporto tecnico-scientifico e di aggiornamento indispensabili per la corretta e congruente continuità del lavoro intrapreso.

A cura del Settore Prevenzione del rischio geologico, meteorologico e sismico
e Informazione, stampa e relazioni esterne.

Finito di stampare nell'aprile 1990
per i tipi de l'Artistica Savigliano

