

FENOMENI IMPULSIVI DI EROSIONE E SEDIMENTAZIONE DEI CORSI D'ACQUA NELLA MORFODINAMICA ATTUALE DEL TERRITORIO

F. Maraga - G. Mortara

CNR-Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica nel Bacino Padano, Torino

ABSTRACT - *Propulsive sedimentation and erosion phenomena of the hydrographic network in present landscape morphodynamics* - Il Quaternario *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 9(1), 221-226 - The parossistic nature of bedload transport phenomena in hydrographic systems is highlighted in the paper on the basis of a critical review of case histories in the Alps and River Po valley territories. The review is based on the direct observation of types of propulsive deposition and erosion produced by events of flood and debris flow which occurred in the past decades and are comparable to historical examples that might have had similar evolution. Case histories including urban areas are also considered to stress the damage a propulsive phenomenon can cause to inhabitants. The paper considers in detail the following aspects: a) size of accumulation and erosion forms, b) sedimentary character of deposits, c) form distribution versus hydrographic system and d) environmental implications ensuing from the hazard caused by the modelling action of rivers and torrents. Depositional forms are typical of mountain stream interconnections where cone-shaped deposits are repeatedly activated. Deposits related to debris flow processes in many cases are some decametre thick (such as the August 1878 deposit at Rio Rosso in the River Isarco basin and the September 1950 at Val Sissone in the river Adda basin, for instance) with mobilised boulders that may be more than 1 metre in diameter in a very heterogeneous matrix. Due to the damming of receiving streams, sedimentary bodies are often connected with temporary sedimentation basins upstream (such as it happened in the River Isarco basin at Rio Gonder in August 1891 and at Rio Tina in August 1921, and in the River Adda basin at Val Pola in July 1987). Gravelly and sandy torrent and river overflows onto alluvial plains and valley floors, which are associated with bedload and suspended transport show a marked size variability being often no more than 1 metre thick (cfr. the River Po in November 1951 and September 1992 and the River Adda in July 1987). Cases of instantaneous erosion include both neoformation of streams and river head retreat; instantaneous erosion has caused also an increase in development of lower order streams into high energy basins (cfr. the Sesia basin of the Strona torrent at Cossato in November 1968). Other forms were more directly governed by morphodynamics of hydrographic systems, and involved changes of longitudinal profile and planimetry; such forms have been seen in zones of overcutting of quaternary deposits, a process which is sometimes quite marked in mountainous areas — cfr. the basin of the river Avisio, a tributary of River Casare (near Trento, N Italy) in September 1882 and the torrent Bramafam in the river Stura basin in September 1993. Cases of propulsive erosions occurred in plains, with meander cuts along river axis and embankment breaches at the ground level (such as at the Po River in November 1994).

Parole chiave: Alluvioni contemporanee, pulsazioni di trasporto solido, pericolosità fluviale, bacino padano
Keywords: Present-day floods, sediment transport pulses, river hazard, Po River basin

1. PREMESSA

Nel modellamento delle forme fisiche del territorio, quando i processi esogeni si manifestano con pulsazioni relativamente rapide (avanzata e ritiro dei ghiacciai), se non addirittura "istantanee" (frammenti, colate detritiche torrentizie, esondazioni), la percezione umana può apprezzare il peso del fenomeno modificatore, essendo l'uomo testimone degli effetti prodotti, e tanto più quanto egli ne sia direttamente coinvolto e ne abbia a subire conseguenze dannose.

La presente nota intende sottolineare il carattere parossistico dell'evoluzione delle forme di erosione e di sedimentazione associate alla rete idrografica attuale e generate dalla dinamica del trasporto solido torrentizio e fluviale, attraverso casi di studio riferiti all'ambiente montano delle Alpi ed alla pianura del F. Po. L'esame è stato basato su osservazioni dirette delle forme prodotte da eventi alluvionali durante gli ultimi decenni, con il richiamo di esempi storici che ripropongono situazioni evolutive confrontabili.

2. FENOMENOLOGIA IMPULSIVA DEI CORSI D'ACQUA

Lungo la rete idrografica, l'impulsività di morfogenesi è sempre legata al superamento della soglia di

mobilizzazione in massa dei sedimenti che varia durante un evento alluvionale, secondo i tratti, in relazione alla geometria idraulica dell'alveo e alla distribuzione granulometrica (dimensioni ed assortimento). L'attività di trasporto solido conseguente a tale mobilizzazione si evidenzia con forme di erosione e di sedimentazione prodotte in tempi molto brevi, rispetto alle dimensioni raggiunte, e con effetti vistosi di morfogenesi, oggetto di notazione storica, i quali testimoniano la natura pulsatoria a breve termine dell'evoluzione dei corsi d'acqua.

2.1. Erosione

Forme d'erosione parossistica sono testimoniate da canali di neoformazione alla base di versante e da incisioni rimontanti in testata, le quali caratterizzano diffusamente l'evoluzione del paesaggio montano in tutto l'arco alpino ed hanno sviluppo su segmenti di lunghezza decametrica. In pianura, erosioni impulsive sono associate al modellamento fluviale con tagli di meandro, ricorrenti negli ultimi decenni lungo il F. Po in alta pianura (fino a quattro tagli dal 1949 al 1977, Dutto & Maraga, 1994) o con erosioni laterali di sponda, fenomeni ancor più frequenti, ma meno rilevanti sulle modificazioni prodotte.

Gli esempi di maggior erosione con sviluppo pressoché istantaneo sono ascrivibili agli squarci di sovrain-

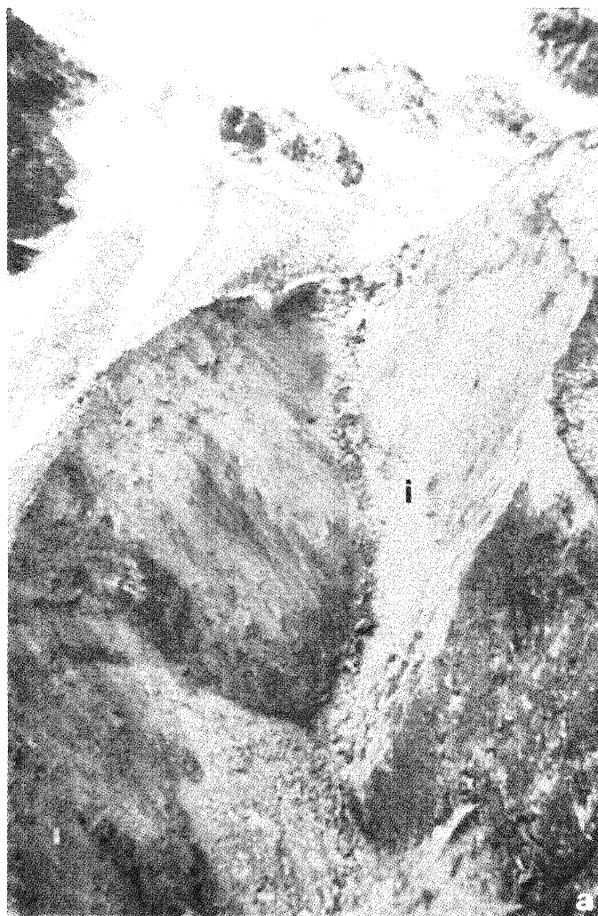


Fig. 1 - Esempi di erosione parossistica (i) dell'ordine di 50 m di profondità in apparati morenici storici. a) Val di Lanzo (Torino), Ghiacciaio Settentrionale del Mulinet, settembre 1993; b) Val Malenco (Sondrio), Ghiacciaio del Sissone, settembre 1950 dove l'entità del fenomeno è messa in evidenza dal confronto con la situazione originaria (c), in Nangeroni (1951, modificato).

Examples of parossistic overcutting (i) of the order of 50 m depth in historical moraines. a) the Lanzo Valley, Turin, the Mulinet Glacier, September 1993; b) the Malenco Valley, Sondrio, the Sissone Glacier, September 1950 where the extent of the phenomenon is emphasised by the comparison with the original situation (c); from Nangeroni (1951, modified).

cisione prodotti in corpi morenici di ghiacciai in ritiro ed alle voragini di sifonamento generate in occasione di rottura degli argini nelle piane inondabili.

Nella memoria storica, un caso straordinario fu senza dubbio il canale di neoformazione scavato per 80 m dal Rio Casare, tributario del T. Avisio (Trento), nel settembre 1882 ed ulteriormente approfondito di altri 20 m tre anni più tardi (Gorfer, 1991). Non meno spettacolare fu il solco lungo circa 600 m, largo fino a 200 m e profondo 60 m aperti nella morena laterale sinistra del Ghiacciaio del Disgrazia alla confluenza con il Ghiacciaio del Sissone in Val Malenco (Sondrio) nel settembre 1950 (Nangeroni, 1951).

Dimensioni di poco inferiori (Fig. 1) furono rilevate recentemente anche per l'incisione nella morena del Ghiacciaio del Mulinet in Val di Lanzo (Torino) formatasi durante il nubifragio del 24 settembre 1993: circa 800.000 m³

di sedimenti rimossi dall'edificio morenico vennero presi in carico dal T. Bramafam alimentando una colata detritica che si propagò per oltre 4 km sino ad investire l'abitato di Forno Alpi Graie (Dutto & Mortara, 1995).

2.2. Sedimentazione

I depositi generati dalle colate detritiche torrentizie (*debris flow*) con pulsazioni di trasporto solido in massa e deposizione forzata sono tipiche ai nodi della rete idrografica montana, sempre pertinenti al tributario di ordine minore, rispetto al quale il nodo di confluenza costituisce una sensibile riduzione di pendenza e quindi una corrispondente riduzione di capacità di trasporto.

Caratteristica peculiare delle forme di deposito da colata detritica è la presenza di digitazioni o lobi (Fig. 2), che talvolta si originano dalla massa in movimento con

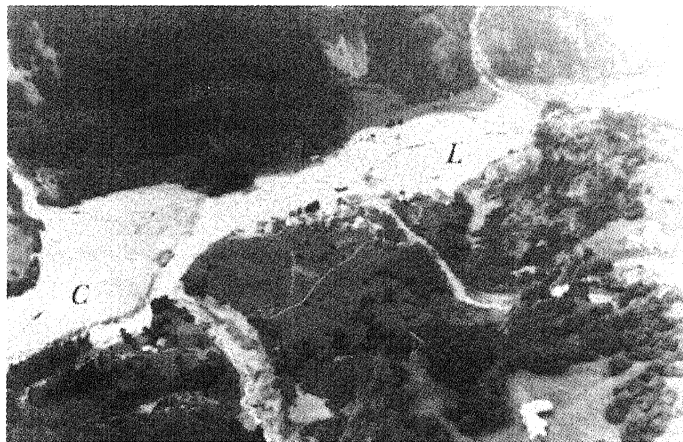


Fig. 2 - Lobo laterale di piccole dimensioni associato ad una pulsazione di colata detritica torrentizia in un corso d'acqua del 1° ordine (freccia). Torrente Ponte (Aosta), agosto 1986.

Small side lobe associated with a first-order stream debris flow pulsation (arrow). Torrente Ponte, Aosta, August 1986.

diversione dalla direzione principale di flusso (Govi *et al.*, 1994; Mortara *et al.*, 1994). Gli accumuli delle colate detritiche torrentizie danno prova di spessori talora decametrici, con volumi anche dell'ordine di centinaia di migliaia di metri cubi, raggiunti nel tempo massimo di qualche ora, secondo le citazioni storiche e le diverse testimonianze dirette.

I massi mobilizzati e coinvolti nel trasporto hanno frequentemente diametri con misure superiori al metro (al 25% di trattenuto in Luino *et al.*, 1994), in un caso osservato fino a dieci metri (T. Renanchio, bassa Valle d'Aosta, settembre 1981), e sono sempre associati ad una matrice molto eterogenea, con assortimento granulometrico dalle ghiaie (con dimensioni inferiori a 64 mm) alle argille (fino al 12%) in alcuni casi dell'alta Valle di Susa (Rio di Valle Stretta, luglio 1987). Raramente, in riferimento ad un corpo sedimentario generato dal medesimo evento sono stati individuati livelli deposizionali a



granulometria differenziata, con assetto stratificato (T. Mengasca, Val Chiavenna, settembre 1983; T. Chiarsò, Carnia, agosto 1985), interpretati come pulsazioni successive o stadi di riduzione di velocità nella propagazione della colata. In bacino sperimentale attrezzato per la misura del trasporto solido di ghiaie al fondo, misure strumentali attraverso monitoraggio con geofoni hanno messo in luce che durante un singolo evento di piena il trasporto si può manifestare con successive pulsazioni (Govi *et al.*, 1993).

Nel settembre 1950 l'enorme quantità di sedimenti, mobilizzati con la profonda incisione che si era creata nella morena del Ghiacciaio del Sissone in Val Malenco (Sondrio), si distribuì lungo l'asse vallivo per un tratto di 10-12 km, accumulandosi localmente con spessori di circa 30 m (Corriere della Valtellina, 1950; Nangeroni, 1951). Di una decina di metri fu l'altezza raggiunta dai sedimenti abbandonati in conoide dal Rio Rosso in Valle Aurina (Bolzano) nell'agosto 1878 (Mortara *et al.*, 1986) e dal rio della Val Pola in Valtellina nel luglio 1987 (Govi & Turitto, 1992).

Per quanto i dati granulometrici raccolti direttamente sui depositi di colata detritica torrentizia siano limitati ad undici casi di studio, è apparsa evidente una netta separazione tra due fusi di curve ottenuti il primo dalle granulometrie su depositi contenenti massi con dimensioni superiori al metro (6 casi), il secondo dalle granulometrie su depositi in cui le dimensioni maggiori misurate rientrano nella frazione delle ghiaie con diametri inferiori a 64 mm (7 casi). Le differenze granulometriche, nei casi esaminati, si sono mostrate in stretta dipendenza con la litologia del bacino d'alimentazione: granulometrie più fini da calcescisti e quarziti scistose; granulometrie più grossolane da graniti, dioriti e gneiss massicci.

Nel caso in cui i volumi solidi mobilizzati siano ingenti, l'espansione di una colata può sopravanzare il fronte del conoide sino a sbarrare il deflusso nel corso d'acqua recipiente, con conseguente formazione di bacini straordinari di sedimentazione.

Nell'agosto 1921 dal bacino del T. Tina a Chiusa d'Isarco (Bolzano) fuoriuscirono circa 500.000 m³ di sedimenti che, in mezz'ora, si distribuirono parte sul conoide e parte nell'alveo dell'Isarco, il quale venne sovralluvionato per un'altezza di circa 10 m. Per impedimento al deflusso si formò un lago lungo 1800 m che sommerse il fondovalle per un'area di 0,25 km². Conseguenze del tutto analoghe si erano avute nell'agosto 1891, a qualche chilometro di distanza presso La Colma, dove un'altra imponente colata detritica, dopo aver sepolto 16 case con

Fig. 3 - Lago occasionale (L) prodotto a monte di confluenza a causa del conoide laterale (C) che ha ostruito temporaneamente il fondovalle. F. Adda, località Morignone (Sondrio), luglio 1987 (foto AEM, Milano).

Temporary lake (L) caused by a side cone (C) temporarily damming the valley floor. River Adda near Morignone, Sondrio, July 1987 (photo by AEM, Milan).

39 persone sul conoide del Rio Gonder, si propagò sino alla confluenza nel F. Isarco: anche in questo caso il letto del fiume fu interessato da una ingente deposizione di sedimenti di spessore pari a circa 10 m, generando un lago di sbarramento (Baselli, 1923).

Più recentemente, nel corso dell'evento alluvionale del 18 luglio 1987 in Valtellina (Sondrio), il grande conoide che era stato costruito in circa 18 ore dall'enorme apporto di sedimenti trasportati dal rio di Val Pola sopravanzò di 50-80 m il fronte del conoide originario sino a sbarrare il corso dell'Adda (Fig. 3). L'alveo del fiume fu sepolto con uno spessore di circa 15 m e a monte si originò un bacino lacustre che raggiunse un'altezza di 12 m, sommergendo parzialmente gli abitati di Morignone e S. Antonio Morignone. Il livello del lago decrebbe rapidamente già a partire dal giorno successivo per parziale erosione dello sbarramento da parte dell'Adda. Il giorno 25 tra le case di Morignone furono misurati spessori di sedimenti sabbioso-limosi pari mediamente ad 1 m ed è stato ipotizzato che in 8 giorni (19-28 luglio) sul fondo del lago si fosse depositato uno spessore di sedimenti di circa 2 m (Govi & Turitto, 1992).



Fig.4 - Forme di deposito di esondazione in prossimità dell'orlo di sponda: S = sabbie grossolane, L = limi. F. Po, sponda sinistra, presso Casale Monferrato (Alessandria), settembre 1992.

Forms of overflow deposit close to the embankment edge: S = coarse-grained sand, L = silt. River Po, left bank, near Casale Monferrato, Alessandria, September 1992.

Nei fondovalle e nelle piane alluvionali i depositi di esondazione torrentizia e fluviale, con sedimenti da ghiaiosi ad argillosi associati a trasporto solido di fondo ed in sospensione, hanno fatto rilevare grande variabilità di spazi occupati e di forme di deposito (Fig. 4), aventi spessori limitati al metro (Gallo et al. 1995; Maraga & Mortara 1977; Maraga et al., 1992). La distribuzione dei depositi, più o meno circoscritta, e la dimensione granulometrica, più o meno grossolana, sono risultate indirettamente correlate con la distanza dalle sponde, mentre lo spessore e la selezione granulometrica hanno mostrato di dipendere dal sistema di propagazione delle acque d'inondazione, con espansione veloce o lento, e dai locali tempi di residenza che variano da poche ore a qualche giorno.

Fenomeni eccezionali di sedimentazione impulsiva sono stati rilevati in occasione di rotte agli argini, tra i

quali uno dei più noti si riferisce alle rotte di Occhiobello e Paviole (Rovigo), avvenute durante la piena del F. Po nel novembre 1951 in bassa pianura padana. In tale occasione tre rotte, succedutesi in poco più di tre ore, hanno determinato una inondazione estesa su quasi 1000 km², con spessore di deposito fino a tre metri di sabbie in prossimità delle rotte ed alluvionamento distribuito su un'area di oltre 8 km² (Chiodarelli & Avventi, 1953).

In valle alpina, la rotta del F. Adda a Berbenno (Sondrio) nel luglio 1987 ha determinato l'alluvionamento della piana del fodovalle a tutta larghezza con un'estensione di quasi 10 km² e con deposizione di sedimenti valutata in circa 2,8 milioni di m³ (Govi & Turitto, 1988). Lo spessore dei depositi ha raggiunto il metro sul piano campagna prospiciente il luogo della rotta, con sedimenti in prevalenza composti da sabbie grossolane (Fig. 5).



Fig. 5 - Alluvionamento impulsivo per rotta d'argine con sedimenti sabbiosi su piana inondabile. Berbenno (Sondrio), rotta dell'argine destro del F. Adda, luglio 1987.

Impulsive flooding caused by embankment breaches with sandy sediments on the flood plain. Berbenno, Sondrio, breach of the right embankment of the river Adda, July 1987.

I depositi di esondazione sono stati analizzati su quasi 200 campioni raccolti dal 1987 in occasione degli eventi alluvionali più importanti avvenuti nell'alto bacino padano. Le granulometrie hanno messo in evidenza che i sedimenti sono costituiti da sabbie ben selezionate monomodali (37%), da sabbie limose (24%) e da limi e argille (39%). La presenza di ghiaie, come frazione dominante, rilevata in tratti fluviali montani con alveo in ghiaie, è stata analizzata in quattro casi, con indicazioni di due distribuzioni: monomodale in ghiaie e bimodale in ghiaie e sabbie.

Le variazioni granulometriche, sia di dimensioni che di selezione, sono risultate in rapporto indiretto con la distanza di trasporto in esondazione sul piano campagna (Gallo & Maraga, 1995).

3. IMPLICAZIONI ANTROPICHE

Alcuni dei casi illustrati mettono in evidenza che la presenza antropica sul territorio viene talora ad interferire con gli spazi che l'attività geomorfica dei corsi d'acqua può occupare, in ambiente sia montano, sia di pianura.

Le manifestazioni parossistiche della deposizione

torrentizia costituiscono, per rapidità di evoluzione, entità degli spessori di deposito e per le grandi dimensioni granulometriche dei sedimenti coinvolti, uno dei pericoli più temibili e diffusi delle valli alpine. Negli ultimi due secoli almeno cento insediamenti urbani dell'arco alpino sviluppati su conoide sono stati investiti da colate detritiche torrentizie (Fig. 6), subendo gravi danni o distruzioni e la perdita complessiva di oltre 550 vite umane (Govi *et al.*, 1984).



Fig. 6 - Alluvionamento con sedimenti molto grossolani in un centro abitato posto su conoide attivo per processi di colata detritica torrentizia. Fusine (Sondrio), conoide del T. Madrasco, luglio 1987.

Flooding with very coarse grain sediments in a built-up area on an active alluvial cone caused by debris flow processes. Fusine, Sondrio, Torrent Madrasco alluvial cone, July 1987.

Nei fondovalle alluvionali e nelle grandi pianure i fenomeni di accentuata erosione connessi alla rapida propagazione di un'onda di piena in campo d'inondazione possono arrecare i più gravi danni al sistema viario, se non alle opere arginali, a causa della improvvisa asportazione dei rilevati strutturali. Un'ampia casistica di viabilità interrotta sugli attraversamenti fluviali per smantellamento di ponti e/o strade di accesso è stata rilevata in occasione del recente evento alluvionale del novembre 1994 sul F. Tanaro in provincia di Cuneo (Turitto *et al.*, 1995). Sul F. Po, le rotte dei rilevati arginali sono ricorrentemente citate fin dagli anni Mille, con quasi 200 casi ascritti al periodo successivo al 1800 (Govi & Maraga, 1994).

4. DISCUSSIONE

La condizione di parossismo dei fenomeni di erosione e di sedimentazione connessi alla dinamica fluviale dipende da condizioni limite di deflusso, che sempre devono superare la soglia di mobilizzazione dei sedimenti nel tratto della rete idrografica dove il fenomeno si manifesta. Oltre all'incidenza locale, tuttavia, deve essere considerata la risultante che gli effetti geomorfici



Fig. 7 - Argine tagliato per sifonamento sulla piana inondabile del F. Po in località Rea (Pavia), durante l'inondazione del novembre 1994.

Embankment cut by siphoning on the flood plain of the river Po at Rea, Pavia during the November 1994 flood event.

impulsivi comportano sull'evoluzione dell'ambiente fisico al contorno.

In particolare s'intende sottolineare la relazione di continuità del sistema "rete idrografica", dove un cambiamento impulsivo per erosione costituisce innesco per variazioni geomorfiche a lungo termine. Tali modificazioni indotte sono state riconosciute pesare soprattutto sulle variazioni di geometria, e quindi di distribuzione, della rete idrografica e sono state associate alle forme di erosione.

Tra le modificazioni più rilevanti, ad esempio, si ricorda l'aumento del 178% nel valore di una densità di drenaggio del primo ordine, su versanti del bacino del T. Strona di Cossato (Vercelli), causato dalla neoformazione di canali durante l'evento alluvionale del novembre 1968 (Govi, 1970).

Altre forme di canalizzazione hanno interessato più direttamente la morfodinamica della rete idrografica nell'alta pianura padana, determinando variazioni del profilo longitudinale e delle sezioni d'alveo che hanno coinvolto il sistema di deflusso pluricursale con una riduzione di larghezza dell'ordine del 50% ed il sistema meandriforme con una riduzione di lunghezza pari a 10 su 56 km.

In merito alla sedimentazione, l'impulsività delle sue manifestazioni geomorfiche, che comporta necessariamente una distribuzione spaziale occasionale e molto circoscritta dei corpi sedimentari, sembra giustificare la variabilità e la discontinuità delle registrazioni sedimentarie continentali nei depositi alluvionali fluviali e torrentizi.

Nel presente lavoro sono state utilizzate le fonti archivistiche, bibliografiche e fotografiche, gestite presso i Servizi competenti del CNR-Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica nel Bacino Padano⁽¹⁾, responsabili E. Beretta, C. Novellone, P.G. Trebbò.

Hanno collaborato: R. Massobrio per le analisi granulometriche, G. Rivelli per le misure automatiche di morfometria, E. Viola per le indagini geognostiche di campagna.

⁽¹⁾ Strada delle Cacce 73, 10135 Torino.

BIBLIOGRAFIA

- Baselli G., 1923 - *La catastrofe di Chiusa d'Isarco e le opere di riparazione e di prevenzione eseguite*. Giorn. Genio Civ., **61**, 619-634.
- Chiodarelli G. & Avventi L., 1953 - *La piena disastrosa del Po del novembre 1951*. Giorn. Genio Civ., **91**, 505-534.
- Corriere della Valtellina, Giornale periodico di Sondrio, 23 settembre 1950.
- Dutto F. & Maraga F., 1994 - *Variazioni idrografiche e condizionamento antropico. Esempi in Pianura Padana*. Il Quaternario, **7**, 381-390.
- Dutto F. & Mortara G., 1995 - *Debris flows in close proximity of glaciers: some recent case histories in the Italian Alps*. Abstracts, Int. Symp. on "Glacial Erosion & Sedimentation" (Reykjavik, 20-25 Aug. 1995), n. 41.
- Gallo A. & Maraga F., 1995 - *Variabilità dei sedimenti di esondazione*. Atti, 2° Incontro Int. dei Giovani Ricercatori in Geologia Appl., Peveragno, 11-13 ott. 1995, Politecnico di Torino, 332-337.
- Gallo A., Casagrande A., Massobrio R. & Viola E., 1995 - *Caratterizzazione granulometrica-tessiturale dei depositi di inondazione*. CNR-IRPI Torino, Rapporto Interno MI 95/6, 15 pp.
- Gorfer G. (a cura di), 1991 - *Per una difesa del territorio. La sistemazione dei bacini montani in provincia di Trento attraverso i secoli*. Prov. Autonoma di Trento, 237 pp.
- Govi M., 1970 - *Il dissesto idrogeologico del 2 novembre 1968 nel bacino della Strona a monte di Cossato*. In: Carraro F., Dal Piaz G.V., Govi M. & Sacchi R., *Studi geologici nel Vercellese e nella Valle Strona*. CRPE Piemonte, 113-182.
- Govi M. & Maraga F., 1994 - *Morfologia fluviale e rotte arginali nella pianura padana*. Atti, 77° Congr. Naz. S.G.I., Bari, 28 sett. 1994, Sessione Geologia ambientale ed uso del territorio, Riassunti, 37-38.
- Govi M., Maraga F. & Moia F., 1993 - *Seismic detectors for continuous bedload monitoring in a gravel stream*. Hydrol. Sc. J., **38**, 123-132.
- Govi M., Marchi L., Mortara G. & Turitto O., 1994 - *Ricerche sulle colate detritiche torrentizie (debris flow) in ambiente alpino*. Gruppo Naz. Difesa Catastrofi Idrogeol., Linea 1, Rapporto 1990-91, 405-420.
- Govi M., Mortara G. & Sorzana P.F., 1984 - *Crues et laves torrentielles avec des conséquences humaines graves ou catastrophiques dans les Alpes Italiennes* (carta). In: Govi M. - *Les phénomènes catastrophiques d'origine exogène*. Atti, XXV Congrès Intern. de Géographie "Les Alpes" (Paris, août 1984).
- Govi M. & Turitto O., 1988 - *Studio dei fenomeni alluvionali avvenuti in Valtellina nel 1987*. CNR-IRPI Torino, Attività svolta, Progetto n. 1, Rapporto Interno, 4 pp.
- Govi M. & Turitto O., 1992 - *La frana di Val Pola del 1987 in Valtellina*. In: Vallario A., "Frane e territorio", Liguori Ed., 392-414.
- Luino F., Chiarle M., Moscariello A. & Arattano M., 1994 - *Un fenomeno di mobilitazione in massa presso Oropa (VC)*. GEAM, **31**(2-3), 149-156.
- Maraga F. & Mortara G., 1977 - *Modificazioni dell'alveo e trasporto solido al fondo nel T. Pellice in riferimento alla piena del 19-20 maggio 1977*. Atti Convegno "Misura del trasporto solido al fondo nei corsi d'acqua: problemi per una modellistica matematica" (Firenze, 13-14 ott. 1977). CNR, Prog. Final. Conservazione del Suolo, C2 16 pp.
- Maraga F., Moscariello A. & Trebò P.G., 1992 - *La piena del F. Po il 16.10.1992 nell'alta pianura padana. Processi di dinamica fluviale nel tratto compreso tra Moncalieri (TO) e Pieve del Cairo (PV): dati preliminari e rassegna fotografica*. CNR-IRPI Torino, Rapporto Interno MI 92/2, 95 pp.
- Mortara G., Ceriani M. & Laffi R., 1994 - *L'evento alluvionale del 22 luglio 1992 nella conca di Bormio in alta Valtellina*. Quaderni Studi e Documentazione, n.17, suppl. a GEAM, **31**(4), 25-33.
- Mortara G., Sorzana P.F. & Villi V., 1986 - *L'evento alluvionale del 6 agosto 1985 nella vallata del Fiume Isarco tra Fortezza ed il Passo del Brennero (Alto Adige)*. Memorie di Scienze Geologiche, **38**, 427-457.
- Nangeroni G., 1951 - *La frana di Val Sissone (15 Settembre 1950)*. Natura, **42**, 11-17.
- Turitto O., Maraga F. & Luino F., 1995 - *Impatto sulle strutture viarie prodotto da piene con inondazione*. Preprint, 1° Conv. Gruppo Naz. Geologia Appl. "La città fragile in Italia" (Giardini Naxos, 11-15 giugno 1995), 77-85.

Ms. ricevuto : 25 maggio 1996
 Inviato all'A. per la revisione: 19 giugno 1996
 Testo definitivo ricevuto : 2 agosto 1996

Ms received: May 25, 1996
 Sent to the A. for a revision: June 19, 1996
 Final text received: Aug. 2, 1996