



## dinamiche geoterritoriali

LA SFIDA DI MARANELLO

**Editoriale 2**

## f u t u r o o n l i n e

TOKYO: SATELLITI E GIS PER LA NUOVA CAPITALE

**Miyakawa e Yamashita 5**

AL PASSO CON IL FUTURO, INTERVISTA A RAFFAELE MINICUCCI

**Minicucci 14**

## la frontiera tecnologica

CARTOGRAFIE IN RETE CON RAINBOW

**De Piccoli, Ligi, Libertà e Lupino 20**

MIVIS PER LA SICILIA

**Bianchi, Bogliolo et al. 24**

TELERILEVAMENTO IPERSPETTRALE DA AEREO

**Bianchi, Cavalli et al. 28**

## dinamiche territoriali

RADAR E INVENTARI DI USO DEL SUOLO

**Nascimento e Pedè 33**

URBANIZZAZIONE E OCCUPAZIONE DEL SUOLO NELL'AMERICA LATINA

**Bride 38**

GESTIRE L'AMBIENTE URBANO

**Boehner, Esposito 44**

## dinamiche ambientali

ALLUVIONI A CROTONE: PER UNA INDAGINE STORICA

**Dodaro e Petrucci 48**

AMBIENTE ALPINO E FORESTE

**Paracchini, Folving et al. 55**

LA QUALITÀ DELLE ACQUE LACUSTRI

**Giardino et al. 59**

## sistema terra per l'università

TELERILEVAMENTO E SCIENZE AMBIENTALI

**Gomasasca 64**

LAVORARE CON I BIT

**Taddei 74**

CARTOGRAFIA MATEMATICA

**Rimbert 79**

CARTOGRAFIA DI POSIZIONE

**Cauvin 80**

GEOGRAFIA DEI PAESAGGI INDUSTRIALI

**Turri 85**

ANNO 6, NUMERO 1/3  
DICEMBRE 1997

*Direttore Responsabile*

Giuseppe Crescimbeni

*Direttore Scientifico*

Calogero Muscara

*Comitato Scientifico*

Corrado Beguinot,

Università di Napoli

Alain Bensoussan, CNES

Peter Churchill, CEO

Arthur Cracknell,

Durham University

Charles Elachi, JPL, Caltec

Jean Gottmann, \*1

Oxford University,

Peter Gould, Penn State Univ.

Jean-Louis Meyer Roux, JRC, Ispra

John Kurlander, JPL, Caltec

Jacques-Louis Lions, CNES

Jean-Marie Lutton, ESA

Søren Narvang Madsen, JPL, Caltec

Yasuo Miyakawa, Kyushu University

Isaac Revah, CNES

Sylvie Rimbert, CNRS, Strasbourg

Allan Robinson, Harvard University

Christian Vandermotten,

Université Libre de Bruxelles

Fernand Verger,

École Normale Supérieure, Paris

Rudolph Winter, JRC

Qiming Zhou,

University of New South Wales

*Art Director e Caporedattore*

Luca Muscara

*Piano di comunicazione e redazione*

Studio Insight

*Produzione esecutiva*

Piero Muscara

*Ricerche su database digitali*

Eleonora Zamparutti

*Coordinamento redazionale*

Lucia Vinci

*Impaginazione*

Silviamaria Placidi

*Fotolito*

Studio Lodoli

*Hanno collaborato a questo numero:*

Francesco Bertolo, Remo Bianchi,

Christiane Boehner, Maria Paola

Bogliolo, Anne Bride, Pietro Alessandro

Brivio, Maria Fabrizia Buongiorno,

Rosa Maria Cavalli, Colette Cauvin,

CNR-Progetto LARA, Fabio De Piccoli,

S. Dodaro, M. A. Esposito, Sten Folving,

L. Fiumi, Alessandra Gaetani,

Claudia Giardino, Mario A. Gomasasca,

Roberto Ligi, Carlo M. Marino,

Yasuo Miyakawa, Iuli Nascimento,

Maria Luisa Paracchini, Thierry Pedè,

Olga Petrucci, Stefano Pignatti,

G. Pizzaferrì, Sylvie Rimbert,

Stefano Salvi, Roberto Taddei,

Alessandro Toccolini, Fabrizio Tomada,

Eugenio Turri, Eugenio Zilioli,

Jun Yamashita

*Art Contributors*

Michele Böhm (I e IV di copertina),

Nora Ferruzzi (III di copertina)

*Coordinamento Editoriale e Distribuzione*

Gius. Laterza e Figli, Roma - Bari

*Stampa*

Uniongrafica Corcelli s.r.l. - Bari

*Abbonamenti*

Gius. Laterza e Figli - Servizi editoriali

Piazza Umberto, 54 - 70121 Bari

Tel.: 080-5234601 - Fax: 5219486

*Redazione*

Via Tiburtina, 965 - 00156 Roma

Tel.: 39-6-40793909 Fax: 39-6-40793973

e-mail: sister@28.954.dinet.nasa.gov

Copyright © 1996 by

SISTEMA TERRA

Tutti i diritti sono riservati.

Nessuna parte della rivista può essere

riprodotta in qualsiasi forma senza

l'autorizzazione dell'Editore.

Sped. Abb. Postale 50% Aut.

Dir. Postel Bari

Registrazione al Trib. di Roma

n° 00191/93 del 10/05/1993

Anno VI - Numero 1/3, Dicembre 1997

Il peso della configurazione urbana  
sugli effetti dell'evento dell'ottobre 1996

# Alluvioni a Crotona: per una indagine storica

Sabrina Dodaro e Olga Petrucci  
CNR - IRPI, Roge di Rende, Cosenza

## Introduzione

Il confronto informatico di rappresentazioni cartografiche e fotografiche di differente epoca rappresenta uno strumento efficace per individuare la naturale vocazione di aree del territorio attualmente antropizzate. In particolare, per le aree adiacenti ai fiumi è possibile individuare quegli spazi che, per loro natura, sono destinati a subire le interazioni con la corrente idrica e che durante le piene maggiori possono essere invasi dalle acque.

Nelle aree adiacenti ai fiumi si registrano sempre più spesso fenomeni di dissesto idrogeologico a causa di eventi di piena non sempre caratterizzati da intensità elevata. Ciò evidenzia come i danni provocati dalle piene siano dovuti ad una inadeguata programmazione dello sviluppo urbanistico di queste aree, basato su una scarsa conoscenza delle caratteristiche del corso d'acqua e delle sue piene pregresse.

In questo articolo si analizzano le modificazioni recenti degli alvei di due corsi d'acqua della Calabria centro-orientale (l'Esaro e il Passovecchio) che nell'ottobre 1996, a seguito di due episodi pluviometrici particolarmente intensi, strariparono invadendo parte del centro abitato di Crotona e la sua area industriale, provocando 6 vittime, gravi danni agli impianti delle fabbriche e all'edilizia privata. Il 9 ottobre le acque del fiume Esaro, ingrossate dalla pioggia, determinarono il cedimento di un pilastro di uno dei ponti stradali che attraversano il corso d'acqua nel nucleo abitato e il 14 ottobre, a seguito di nuove precipitazioni, la piena diventava estremamente rovinosa ed abbatteva sia il ponte danneggiato giorni prima che un altro ad esso contiguo.

Mediante il confronto informatico delle coperture aeree disponibili dagli anni 50 ad oggi, è stata ricostruita l'evoluzione morfologica degli alvei e sono state individuate le principali tappe dello sviluppo urbanistico del centro abitato e dell'adiacente area industriale.

L'analisi di fonti storiche e tecnico-scientifiche ha consentito di ottenere informazioni inerenti le modalità di sviluppo di 22 eventi alluvionali pregressi e dei fenomeni di dissesto da essi innescati. Sulla base delle informazioni acquisite è stata effettuata una suddivisione di massima del territorio in base alla frequenza di accadimento dei fenomeni di dissesto durante gli eventi documentati e sono state analizzate le relazioni tra gli effetti territoriali indotti e le principali caratteristiche pluviometriche degli eventi innescanti.

## Inquadramento generale dei bacini idrografici

I due bacini sono localizzati nell'area della Calabria centro-orientale denominata "Marchesato". L'Esaro raccoglie le acque di una conca di forma irregolare avente una estensione di circa 115 km<sup>2</sup> e sbocca nel mar Jonio in corrispondenza del centro abitato di Crotona, dopo avere attraversato la parte bassa della città. Il bacino del Passovecchio, confinante a nord con quello dell'Esaro, ha un'estensione di circa 78 km<sup>2</sup> ed è caratterizzato da una forma allungata in direzione E-W (Fig. 1).

In entrambi i bacini non sono presenti importanti rilievi: il sistema orografico è costituito da un complesso collinare che non supera i 300 m di quota in cui predominano i territori vallivi.

L'alveo principale dell'Esaro ha una lunghezza in piana di circa 18 km e una pendenza media dell'1,1%. Esso è in genere poco incassato, unicusale e canalizzato nei tratti vallivi e raccoglie un modesto apporto solido. Dalla sinistra orografica convergono le acque degli affluenti Lamps o Papanicario (10,2 km), Falcosa

(7,5 km), Acqua della Quercia (10,5 km) e Gana (4,0 km) mentre dal versante destro giungono i contributi dei torrenti Tuvolo (6,1 km), Migliarello (8,3 km) e Cariglietto (4,6 km). Il Vallone Acqua della Quercia, il Cariglietto, il Migliarello ed il Tuvolo presentano un ampio fondovalle colmato dai materiali argillosi in cui gli alvei sono incisi.

L'alveo del torrente Passovecchio ha una lunghezza di circa 19 km, una pendenza media pari all'1,25% e raccoglie le acque dei due principali affluenti: il Mezza Ricotta (12,1 km) e il Mezza Mosca (3,5 km). In esso l'apporto di materiale detritico è molto scarso; l'alveo è unicusale, poco incassato, a tratti canalizzato.

Dal punto di vista geologico, il bacino dell'Esaro è costituito da formazioni plioceniche e quaternarie; nel Passovecchio, al contrario, affiorano esclusivamente terreni terziari neogenici. I materiali pliocenici sono rappresentati sia da argille compatte a stratificazione indistinta (Roda 1965, Moretti 1994) che da depositi sabbioso-conglomeratici; i terreni quaternari sono costituiti da sabbie e conglomerati di spiaggia (Roda 1965). A causa della costituzione prevalentemente argillosa del bacino le acque meteoriche hanno un deflusso soprattutto superficiale con tempi di corrivazione molto brevi.

I fenomeni di dissesto sui versanti sono prevalentemente di tipo superficiale, in genere forme di erosione di tipo calanchivo (termine locale: *sciole*) a spese dei materiali più argillosi. La lavorazione dei terreni in pendio ha accelerato in varie zone processi di disgregamento ed erosione lineare, con tendenza alla formazione di solchi. Il materiale disgregato da questi processi viene facilmente mobilizzato dalle acque meteoriche e sospinto verso valle su strade e coltivi, specie durante eventi piovosi particolarmente intensi.

Dal punto di vista climatico, i due bacini ricadono in un settore della Calabria caratterizzato da valori di temperatura media annua superiore ai 16° e di precipitazione media annua compresa fra 1000 e 1400 mm (Caloiero et al. 1990). Essi sono localizzati nella Zona Pluviometrica Jonica (Versace et al. 1989), caratterizzata da un basso numero di eventi piovosi per anno, spesso di notevole intensità.

Trasversalmente rispetto al tratto terminale dei due bacini si sviluppa il centro abitato di Crotona, costituito da un nucleo più elevato (la parte più antica) e da un'area di recente urbanizzazione, localizzata in parte allo stesso livello del fiume, che si estende verso nord, fino ad oltrepassare la foce del Passovecchio.

Fra gli anni 20 e gli anni 70 la popolazione di questo centro ha subito un consistente incremento con conseguente espansione dell'area urbana. Tra il 1850 ed il 1921 il numero di abitanti era cresciuto considerevolmente, passando da 5.588 unità (Marzolla 1852) a circa 11.600; nei decenni successivi si registrava un rapido ritmo di accrescimento: il centro contava circa 28.000 abitanti nel 1957, 50.970 nel 1971 (Laquaniti 1979) e circa 62.000 nel 1996 (Fig. 2).

## Individuazione delle aree di pertinenza fluviale

Le inondazioni sono eventi naturali nell'evoluzione di un corso d'acqua e della pianura ad esso adiacente ma possono rappresentare un fattore di rischio per lo sviluppo antropico.

I processi naturali che si manifestano lungo un corso d'acqua per interazione fra la corrente fluviale ed i terreni in cui esso è inciso determinano una continua trasformazione della geometria dell'alveo

## KEYWORDS

RS, Floods, Historical Analysis, Visual Interpretation, Urban Planning, Crotona, Italy

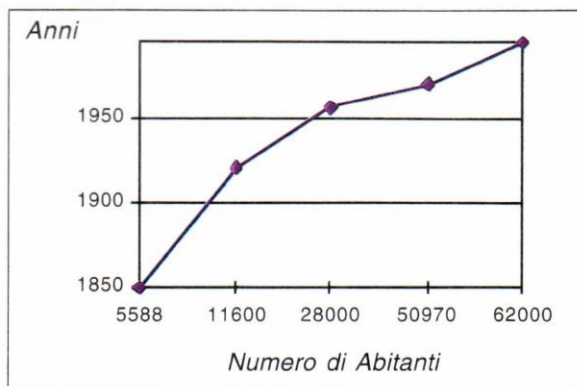
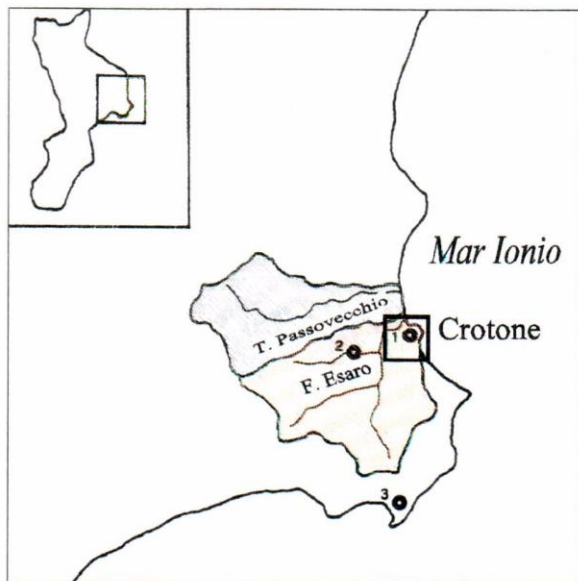


Fig. 1: Localizzazione dei bacini analizzati e delle stazioni pluviometriche citate nel testo: 1=Crotone (6 m s.l.m.), 2=Acqua della Quercia (169 m) e 3=Isola di Capo Rizzuto (96 m). ø = Area urbana di Crotona

Fig. 2: Andamento demografico relativo alla città di Crotona nel periodo di tempo compreso tra il 1850 ed il 1996 (Marzolla 1852, Laquaniti 1979)

che si attua mediante cambiamenti graduali o radicali e concentrati in breve tempo. In occasione delle piene maggiori, la corrente idrica possiede una elevata quantità di energia da dissipare e le trasformazioni non rimangono circoscritte all'interno dell'alveo ma possono coinvolgere la pianura circostante.

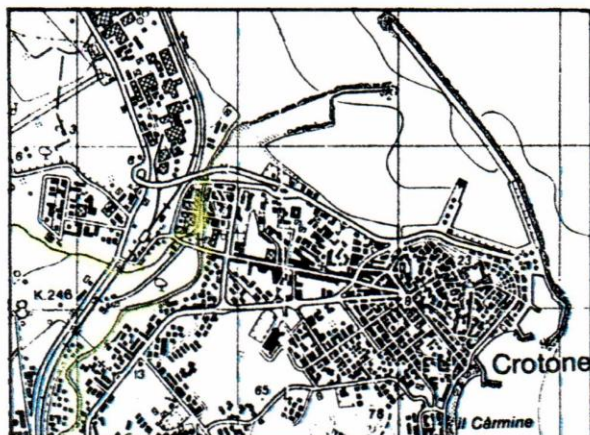
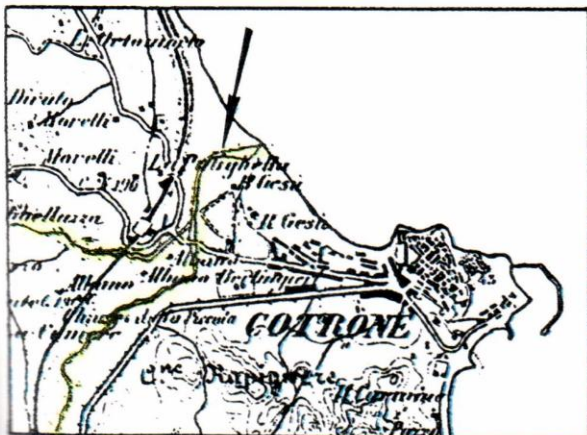
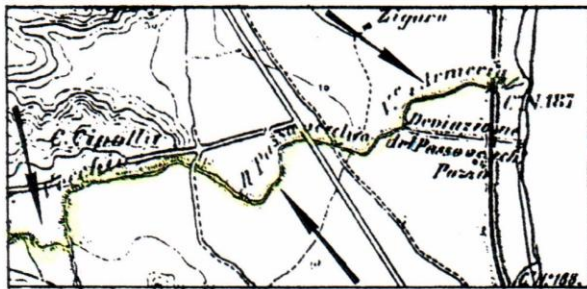
L'analisi delle modificazioni morfologiche che in un periodo di tempo sufficientemente ampio si manifestano lungo il fiume conduce ad individuare una fascia più o meno vasta di territorio, denominata area di pertinenza fluviale (Govi e Turitto 1994), che risente della dinamica fluviale in termini idraulici, morfologici e biologici; essa rappresenta lo spazio che il fiume ha occupato in passato e potrà nuovamente occupare nel corso di eventi di piena futuri.

La delimitazione di quest'area si realizza sia individuando il tracciato originario dell'alveo, prima di eventuali modifiche antropiche, sia evi-

denziando tracce di alvei temporanei utilizzati dal fiume solo per smaltire le portate di piena.

I tracciati più antichi vengono ricavati dall'esame di fonti storiche e carte topografiche, che consentono considerazioni a carattere semi-quantitativo inerenti alle modificazioni più evidenti della morfologia dell'alveo. L'analisi delle informazioni storiche permette ad esempio di individuare l'età dei meandri, divagazioni del tracciato dell'alveo che si originano nei momenti in cui la sedimentazione

Fig. 3: Quattro rappresentazioni cartografiche dei tratti terminali dei fiumi Esaro e Passovecchio (Calabria nord-orientale). A sinistra sono rappresentati due stralci della cartografia IGM del 1870-1875 e a destra due stralci della carta topografica redatta dall'IGM nel 1986. Le frecce nei disegni di sinistra indicano i punti in cui, alla fine dell'800, la geometria degli alvei era differente da quella attuale



0 1 km

lungo l'alveo crea delle sopraelevazioni che inducono la corrente a deviare dal percorso rettilineo per riprendere, solo più a valle, la direttrice primaria. Forme come i meandri possono evolvere nel giro di una decina di anni fino al punto di sparire o essere anastomizzati. Le indagini che li riguardano sono volte non solo ad individuarne l'età, ma anche a precisare le caratteristiche morfo-topografiche del loro tracciato, verificando la possibilità che vengano nuovamente invasi dalle acque di piena.

Per quanto riguarda invece le modificazioni d'alveo e gli effetti morfologici delle piene verificatesi nell'ultimo quarantennio, si possono utilizzare tecniche basate sull'interpretazione di foto aeree riprese in epoche differenti.

L'analisi delle anomalie di tessitura e tono dei fotogrammi di interesse, informatizzati e georeferenziati, consente di delimitare le aree di libera espansione fluviale al momento della ripresa. Tale procedura, applicata a fotogrammi di differente età, permette di creare una serie di mappe vettoriali georeferenziate che delimitano l'alveo in epoche successive, evidenziando sia le modificazioni della sua geometria che le zone direttamente esposte all'azione della corrente nelle diverse epoche. L'importanza di queste tracce è legata anche al fatto che esse si conservano per un periodo che è in genere funzione delle condizioni climatiche dell'area. Nelle zone in cui i processi morfogenetici sono particolarmente rapidi, la cancellazione di questi indizi porta a credere che il corso d'acqua utilizzi esclusivamente l'area in cui sono più recenti le tracce della corrente, concorrendo a determinare una errata programmazione dello sviluppo urbanistico lungo l'alveo.

Utilizzando rappresentazioni fotografiche georeferenziate è possibile effettuare la misurazione dell'estensione di aree di interesse (il livello di dettaglio dipende dall'accuratezza con cui è stata effettuata la georeferenziazione). Individuando ad esempio i punti del tracciato caratterizzati da fenomeni erosivi con conseguente arretramento di sponda, è possibile misurare l'entità dell'arretramento e metterla in relazione all'intervallo di tempo in cui è occorsa, ricavando la velocità con cui il processo si è esplicato.

Oltre a ciò, l'analisi di tutti i dati disponibili consente di evidenziare eventuali modificazioni del modello di alveo-tipo (Govi e Turitto 1994) dovute a variazioni dei fattori naturali o, come molto più spesso accade, legate ad interventi antropici in alveo o nei bacini montani.

### **Evoluzione morfologica dell'Esaro e del Passovecchio**

Nelle più antiche rappresentazioni topografiche consultate (Rizzi-Zannoni 1788, IGM 1870-1875), entrambi i corsi d'acqua mostrano percorsi leggermente differenti da quelli attuali. In particolare nella carta topografica dell'IGM della fine dell'800 è evidente che il corso dell'Esaro, a circa 300 m dalla foce, devia verso destra formando un angolo retto (Fig. 3): tale assetto non è più riscontrabile sin dagli anni 50 poiché la linea di costa ha subito un arretramento proprio fino al punto in cui l'alveo cambiava direzione.

Gli interventi antropici nel bacino dell'Esaro iniziano nel 1937, con la costruzione di alcune briglie e di argini in terra, lungo ambo le sponde, nel tratto terminale dell'alveo. Poiché nel 1959 l'estensione delle aree in intensa erosione era pari al 15% della superficie agrario-forestale del bacino (Nicotera 1959), vengono avviati soltanto interventi di bonifica e sistemazione idraulico-valliva, senza intervenire sui versanti, dove, per effetto dell'evoluzione tecnica dell'agricoltura, si era sviluppato un processo di messa a coltura quasi mai accompagnato da provvedimenti di conservazione del suolo (Beni Culturali ed Ambientali 1997).

Dopo il gravoso evento alluvionale del 1959 e riconosciuta l'inattualità dei provvedimenti adottati, vengono realizzate opere idraulico-connesse a funzione di trattenuta ed è avviato un programma di rimboschimento che in un sessantennio portò alla costituzione di 1800 ha di eucalipteti (CASMEZ 1968).

Per quanto riguarda il torrente Passovecchio, già alla fine dell'800 era stata realizzata una deviazione del tratto terminale, di cui ormai è stata eliminata anche l'antico toponimo (Vallone Armeria) (Fig. 3). Negli

anni seguenti è stata effettuata la sistemazione dell'alveo che sin dal 1955 risultava rettificato da arginature continue per circa due chilometri a partire dalla foce.

L'urbanizzazione delle aree adiacenti agli alvei dell'Esaro e del Passovecchio è piuttosto recente, come si evince dai confronti fra i diversi voli aerei. Nel passato tali aree erano disabitate, come emerge da documenti topografici d'epoca (Fig. 3) e da descrizioni di viaggiatori del 1700, come il Galanti, che nel 1792 scriveva: "... fra il Neto' e l'Esaro, il quale è un miglio quasi distante da Crotone, vi sono due grosse lagune formate da rigetti del mare. Si è perciò obbligati a camminare cingendo dette lagune sopra i banchi di arena. L'Esaro ancora impaluda vicino a Crotone". Dalla testimonianza dello stesso Autore emerge la ripetitività con cui l'Esaro sarebbe soggetto a piene piuttosto consistenti, responsabili di danni alle opere di attraversamento "... sull'Esaro il ponte è rotto ed il fiume fa de' ristagni ..." (Galanti 1792).

### **Presentazione dei dati**

#### *Interventi antropici*

Le modificazioni più recenti subite dai due corsi d'acqua sono ricavate dall'interpretazione di tre voli aerei, realizzati dall'IGM rispettivamente nel 1954-55, 1983 e 1990-91. Il confronto con i fotogrammi di un volo effettuato dall'IGM a seguito dell'evento del 1996 evidenzia che l'urbanizzazione rilevabile sulle foto del 1990 può essere considerata attuale in quanto non si registrano variazioni di rilievo nei sei anni intercorsi fra le due riprese.

Per ognuno dei due corsi d'acqua sono stati preparati due tipi di immagini; il primo tipo (Fig. 4a e 5a) è il risultato della fotointerpretazione delle foto aeree del 1955 e del 1983 ed è costituito dalla sovrapposizione delle linee principali che tracciano la conformazione dell'alveo e dell'area urbanizzata nelle due date. Analogamente nelle figure 4b e 5b viene riportato il confronto fra la configurazione urbana nel 1983 e nel 1990.

I fotogrammi del 1955 mostrano modificazioni recenti dell'alveo dell'Esaro solo negli ultimi 900 m di percorso (Fig. 4a). Qui si nota un'area di forma trapezoidale con la base maggiore (circa 600 m) rivolta verso il mare e quella minore posta alla confluenza con il torrente Lamps; in quest'area si rilevano tracce del passaggio delle acque antecedenti alla rettificazione dell'alveo. In tale settore nel 1955 non si riscontrano costruzioni, tranne una zona edificata adiacente all'alveo in sinistra orografica, subito a monte della confluenza suddetta. Già nel 1983 si nota una notevole urbanizzazione della piana alluvionale: le aree edificate si sviluppano sia lungo il corso principale che lungo il suo affluente Lamps; una ulteriore espansione edilizia si evidenzia dal confronto fra i fotogrammi del 1983 e quelli del 1991 (Fig. 4b).

Per quanto riguarda il Passovecchio, nel 1955 lungo tutta l'asta terminale sono evidenti le tracce degli antichi meandri che costituivano il corso del torrente prima che fosse rettificato. A questa data nei pressi dell'alveo non sono presenti insediamenti degni di nota, se si escludono pochi agglomerati costituiti da gruppi di case rurali (Fig. 5a). Nelle epoche successive alla rettificazione dell'alveo si riscontra una crescente urbanizzazione delle aree adiacenti al corso d'acqua, evidente sia nel 1983 che nel 1990 (Fig. 5b).

#### *Eventi alluvionali*

L'interesse per la catalogazione dei fenomeni di dissesto, che recentemente si è riaffermata come "metodo di studio", ha la finalità scientifica di contribuire con l'analisi di lungo/medio periodo all'individuazione di aree o situazioni a rischio e riconoscere variabili ricorrenti o cicli temporali misurabili (Sereno 1994).

In quest'ottica è stata effettuata un'indagine retrospettiva, consultando testi storici, articoli tecnico-scientifici e quotidiani locali e individuando una serie di casi sufficientemente documentati in cui eventi pluviali hanno causato fenomeni di dissesto nell'area di studio.

L'evento più recente è dell'ottobre del 1996, quando, a seguito delle precipitazioni verificatesi intorno al 9 ottobre, le acque di piena dell'Esaro destabilizzano uno dei ponti stradali che attraversano il corso d'acqua nel nucleo abitato.

Nella mattina del 14 ottobre fra le 9 e le 12.15 circa si verificano nuove piogge continue ed intense; poi, intorno alle 12.45 le acque dell'Esaro abbattano sia il ponte danneggiato giorni prima che un altro ad esso contiguo, mentre un'ondata di acqua e fango straripa, invadendo parte del centro abitato di Crotona e la sua area industriale. Contemporaneamente si registrano fenomeni di esondazione anche lungo l'alveo del Passovecchio che determinano gravi danni agli impianti industriali e all'edilizia privata. Il bilancio dell'evento è reso particolarmente grave dalla perdita di 6 vite umane.

Le 22 segnalazioni relative ad eventi pregressi sono state sintetizzate in forma di tabella, indicando la data di accadimento, le due tipologie di fenomeni innescati (esondazione dei corsi d'acqua o allagamenti per ristagno di acque piovane) e distinguendo i casi in cui il dato è riferito ad uno specifico sito da quelli in cui è interessata un'area non ben delimitata (Tab. 1). Sulla base di queste informazioni sono state preparate due carte topografiche dell'abitato di Crotona, riportando su di esse, con colori diversi, le aree colpite con differente frequenza dalle due suddette tipologie di dissesto.

Sulla carta relativa alle esondazioni dei fiumi Esaro e Passovecchio (Fig. 6a) è stata inoltre delimitata l'area inondata nell'ottobre '96, così come riportata su due rappresentazioni redatte rispettivamente dall'Ordine degli Ingegneri di Crotona e dal Gruppo di Lavoro per la raccolta dati sull'inondazione di Crotona del 14.10.1996.

### Discussione e Conclusioni

Nel seguito vengono analizzati brevemente i dati disponibili relativi ad eventi piovosi che hanno determinato in passato fenomeni di dissesto nel centro abitato di Crotona, sottolineando la notevole ripetitività con cui vengono colpiti alcuni settori dell'area urbana.

Occorre evidenziare che le modalità di raccolta dei dati storici non garantiscono l'assenza di lacune nella serie, poiché non esiste alcuna raccolta sistematica, inerente i fenomeni di dissesto, cui fare riferimento. Fenomeni di esondazione o allagamento in aree non urbanizzate e prive di interesse economico o fenomeni di modeste proporzioni in aree antropizzate possono non essere documentati, specialmente dalle fonti cronachistiche.

Tenendo presente questa caratteristica dei dati storici e dunque considerando la possibilità che un certo numero di fenomeni potrebbe essere stato tralasciato, sono stati analizzati i dati delle piogge registrate nei giorni in cui le fonti consultate segnalavano il verificarsi di fenomeni di dissesto, al fine di verificare le relazioni esistenti fra quantità di pioggia innescante e tipologia di dissesto innescato nei differenti settori territoriali. Si è potuto purtroppo disporre di una serie continua solo per la stazione pluviometrica di Crotona e di serie piuttosto lacunose per le stazioni di Acqua della Quercia e Isola Capo Rizzuto.

Su 22 eventi analizzati, in 9 casi si sono verificati fenomeni di esondazione e per 7 di essi è stato possibile visionare i dati di pioggia. L'analisi di tali dati ha evidenziato che solo nei 3 casi che hanno prodotto i dissesti più gravi (nov. 57, nov. 59 e nov. 62) i valori delle piogge orarie rappresentano dei massimi storici. I restanti eventi, pur avendo generato esondazioni e danni consistenti, sono contraddistinti da piogge sempre comprese nei valori medi.

Nei casi in cui sono segnalati allagamenti per ristagno delle acque piovane su superfici impermeabilizzate da asfalto o cemento o per malfunzionamento e/o temporanea ostruzione delle opere di smaltimento, le quantità di pioggia registrate hanno una variabilità piuttosto ampia ma solo in 3 casi (ott. 53, dic. 68 e ott. 78) le piogge orarie rappresentano i valori più elevati dell'anno. Inoltre, mentre gli eventi che innescano le esondazioni si verificano nel periodo autunno-inverno, soprattutto in novembre, le piogge che generano gli allagamenti, pur essendo anch'esse frequenti fra ottobre e marzo, si verificano anche durante i mesi estivi.

Per avere un'idea dell'importanza, in termini di quantità di pioggia, dell'ultimo evento alluvionale dell'ottobre '96 sono stati confrontati (Fig. 7) i valori delle piogge che hanno caratterizzato l'evento di piena con i massimi delle serie storiche disponibili; si può osservare che la pioggia caduta in 3 e 6 ore presenta un valore leggermente superiore a quello massimo fino ad allora registrato.

Sulla base dei dati disponibili è possibile suddividere l'area urbana di Crotona in due settori. Il primo settore è rappresentato dal nucleo più elevato della città, il quale, specialmente nella zona occidentale e meridionale, è soggetto, nel corso degli eventi di pioggia, a fenomeni di allagamento per ristagno delle acque piovane (Fig. 6b).

Il secondo settore comprende invece la parte bassa della città e la sua zona industriale, delimitate a sud da un piccolo corso d'acqua, detto sbocco Pignataro, e a nord dalla foce del Passovecchio: esso è invece soggetto di frequente a fenomeni di esondazione (Fig. 6a).

Quanto fin qui esposto, analizzato congiuntamente ai dati inerenti l'evoluzione recente degli alvei dei due torrenti e delle aree urbane ad essi limitrofe, permette di effettuare le seguenti considerazioni conclusive:

- a) - gli eventi più gravi per l'area in esame sono rappresentati da saltuari nubifragi che nell'arco di poche ore riversano consistenti contributi di pioggia sui due bacini. In essi, a causa della loro modesta estensione e della costituzione prevalentemente argillosa, si verifica una rapida trasformazione afflussi/deflussi che determina piene improvvise. Le diverse proporzioni degli effetti territoriali indotti dipendono in parte dall'entità e dall'intensità della pioggia innescante e in parte dall'assetto urbanistico delle aree adiacenti agli alvei, nelle quali la recente espansione edilizia ha portato alla costruzione di nuclei abitati in aree per loro natura riservate ai fiumi;
- b) - nella parte alta della città di Crotona, a seguito di scrosci di pioggia particolarmente intensi, si verificano fenomeni di allagamento per ristagno delle acque piovane con invasione dei piani inferiori degli edifici. Ciò accade poiché la rete di raccolta delle acque piovane entra facilmente in crisi, probabilmente per l'effetto combinato delle notevoli quantità di pioggia e della reale inadeguatezza del sistema stesso;
- c) - i settori che più frequentemente registrano dissesti legati all'esondazione dell'Esaro e del Passovecchio sono rappresentati dalla parte bassa della città e dalla zona industriale. La minore estensione delle zone interessate da esondazioni pregresse rispetto all'ampiezza dell'area inondata nell'ottobre '96 (Fig. 6a) non indica necessariamente che quest'ultimo evento abbia interessato la massima superficie mai inondata in passato. L'assenza di segnalazioni di danni causati dagli eventi pregressi è probabilmente legata ai bassi livelli di antropizzazione che in passato caratterizzavano tali aree;
- d) - gli eventi del 59 e del 57, contraddistinti dalle piogge più intense dell'intera serie, hanno determinato danni di proporzioni analoghe a quelli riscontrati nell'ottobre '96, ma in quest'ultimo caso la presenza di insediamenti in aree di pertinenza fluviale ha generato disastrose interferenze fra il normale evolversi delle piene e le strutture antropiche presenti sul territorio. L'espansione edilizia ha incrementato l'estensione delle superfici impermeabilizzate da asfalto o cemento determinando una diminuzione ulteriore dei tempi di corrivazione, peraltro già particolarmente bassi;
- e) - l'evento pluviale dell'ottobre '96 caratterizzato da notevole intensità e durata limitata, si è concentrato particolarmente sulla parte bassa del bacino, come evidenziano i valori più modesti registrati nelle altre due stazioni pluviometriche poste a quote più elevate. I gravi danni prodotti sono legati ad una amplificazione dei fenomeni causata dall'effetto diga generato dal crollo di un ponte sull'Esaro nell'area urbana;
- f) - considerando l'elevata frequenza con cui si verificano eventi piovosi capaci di innescare fenomeni di dissesto, appare necessario approntare una serie di interventi capaci di limitare i danni; è questo uno dei problemi già allo studio di una Commissione appositamente costituita. Oltre a ciò è indispensabile mettere in atto una serie di interventi educativi tesi ad orientare l'opinione pubblica alla modifica di quei diffusi atteggiamenti improntati al desiderio di una crescita economica che non tenga conto dei danni correlati ai fenomeni di dissesto, particolarmente ricorrenti nelle aree che per loro natura sono destinate alla libera espansione fluviale.

### RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare l'Ing. S. Gabriele e il Dott. M. Govi per la lettura critica del manoscritto, l'Ing. F. Tricoli e l'Arch. A. Sechino per le utili informazioni inerenti l'evento dell'ottobre 1996

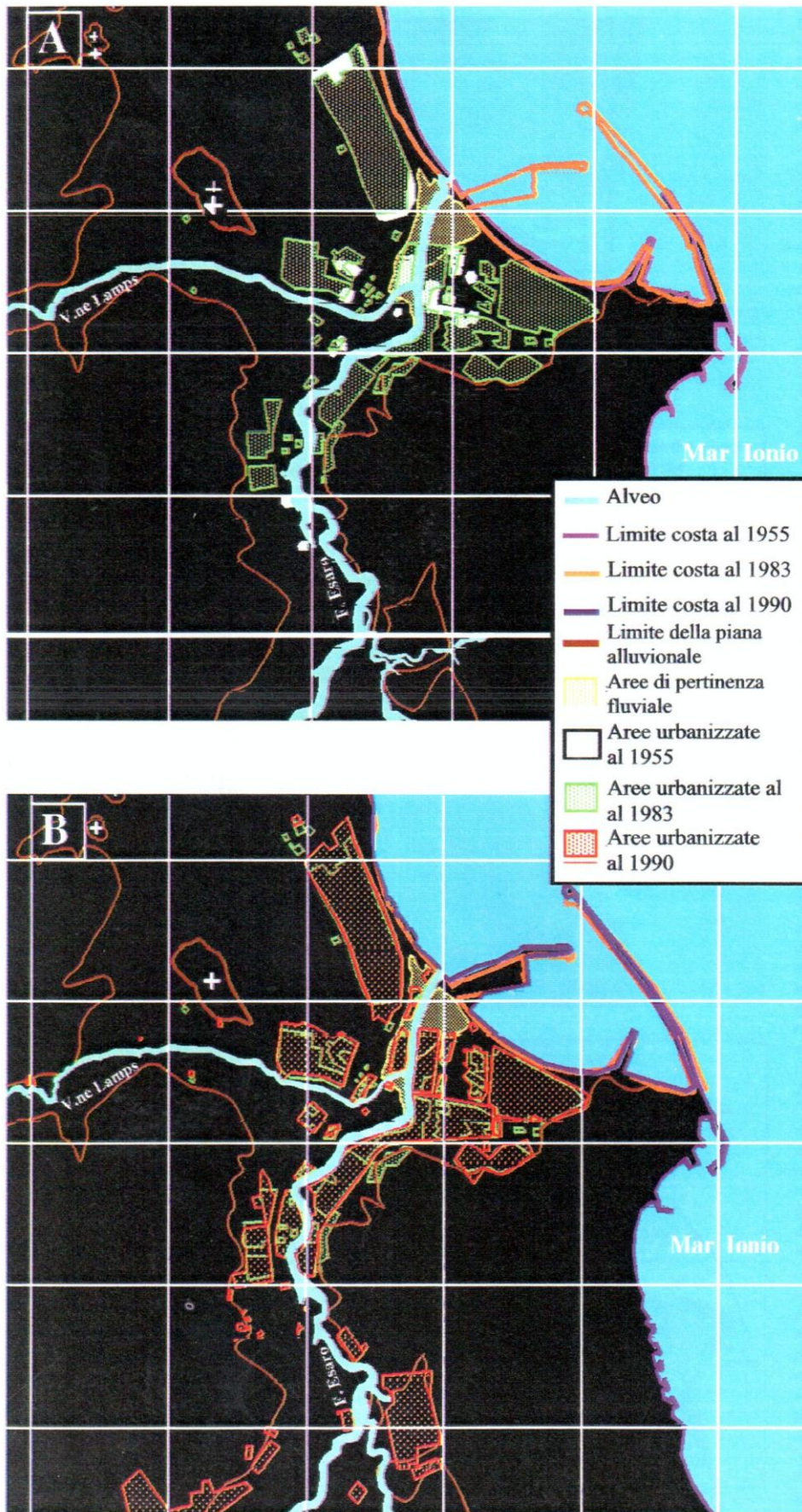


Fig. 4: Asta Terminale del Fiume Esaro. La figura 4a illustra le modificazioni della configurazione dell'alveo e delle aree urbanizzate, ottenute tramite analisi fotointerpretativa, nel periodo compreso tra il 1955 ed il 1983. La figura 4b è stata ottenuta in modo analogo utilizzando le foto aeree del 1983 e del 1990. Il reticolato chilometrico suddivide l'immagine in aree di un chilometro di lato. Il simbolo + indica le zone topograficamente più elevate. Il significato dei diversi colori utilizzati è riportato nella legenda

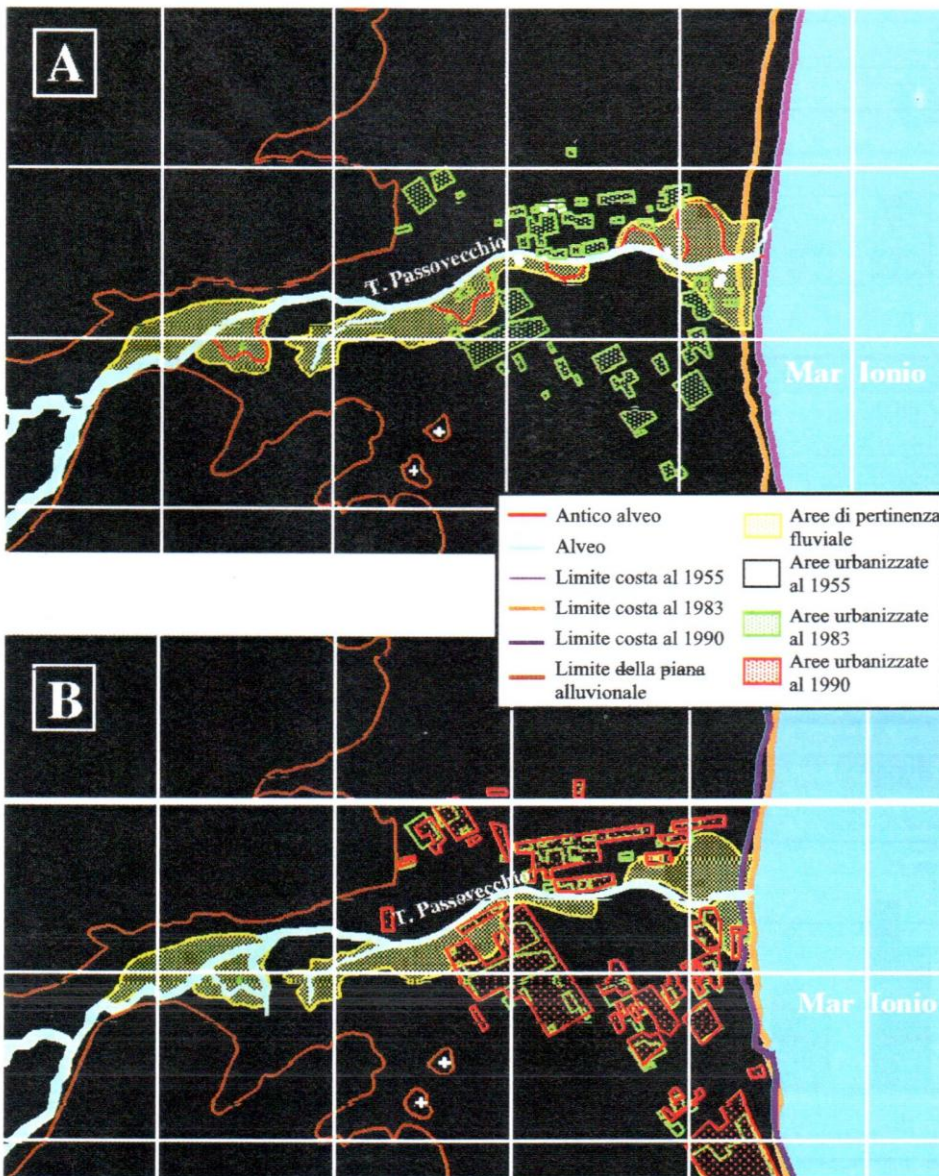


Fig. 5: Asta Terminale del torrente Passovecchio. La figura 5a illustra le modificazioni della configurazione dell'alveo e delle aree urbanizzate, ottenute tramite analisi fotointerpretativa, nel periodo compreso tra il 1955 ed il 1983. La figura 5b è stata ottenuta in modo analogo utilizzando le foto aeree del 1983 e del 1990. Il reticolato chilometrico suddivide l'immagine in aree di un chilometro di lato. Il simbolo + indica le zone topograficamente più elevate. Il significato dei diversi colori utilizzati è riportato nella legenda

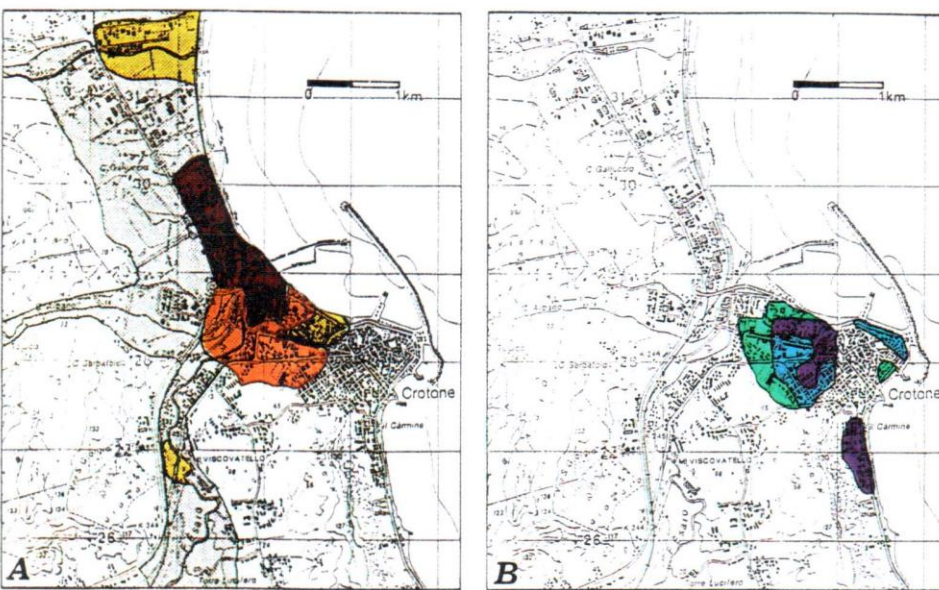


Fig. 6: Suddivisione del territorio di Crotona in base alla frequenza di accadimento di fenomeni di dissesto idrogeologico innescati da eventi pluviali. Nella figura 6a il territorio è stato diviso sulla base delle segnalazioni di fenomeni di esondazione ricavate dall'analisi delle descrizioni dei 22 eventi riportati in Tab. 1. Il colore marrone indica le aree colpite il maggior numero di volte da esondazione, l'arancione quelle caratterizzate da frequenza media ed il giallo segnala le zone colpite meno frequentemente. L'area retinata in grigio è quella inondata dall'evento del 14.10.1996. Nella figura 6b sono state riportate le aree interessate con differente frequenza da fenomeni di allagamento per ristagno di acque piovane; anche in questo caso la suddivisione è stata ottenuta consultando le fonti della Tab. 1. I colori, come nella figura 6a, indicano frequenza di accadimento degli allagamenti crescente dal verde acqua al blu

**BIBLIO**

Beni Culturali ed Ambientali, 1997. *Relazione sul bacino idrografico del fiume Esaro*, Crotono  
 Caloiero D., Niccoli R. e C. Reali, 1990. "Le precipitazioni in Calabria (1921-1980)",  
 Geodata, CNR-IRPI Rende (CS), n. 36, 53 pp.  
 CASMEZ, 1968. *Attuazione della legge speciale per la Calabria nel periodo 1955-1967*,  
 Relazione a cura della Cassa per il Mezzogiorno, Roma  
 Coppolecchia M., 1992. *Stranipamento del fiume Esaro in agro di Crotono*, Relazione del  
 Genio Civile di Catanzaro indirizzata all'assessorato ai Lavori Pubblici della Regione,  
 Prot. N. 15295  
 Fiore G., 1691. *Della Calabria Illustrata*, Napoli  
 Galanti G.M., 1792. *Giornale di viaggio in Calabria seguito dalle relazioni e memorie scritte  
 nell'occasione*, Ed. critica a cura di A. Placania, Napoli 1981  
 Govi M. e O. Turitto, 1994. "Problemi di riconoscimento delle fasce di pertinenza fluviale",  
 IV Convegno Internazionale di Geingegneria "Difesa e valorizzazione degli acquiferi",  
 Sez. Il Territorio, Politecnico di Torino, pp. 161-72  
 Gruppo di lavoro per la raccolta dati dell'inondazione di Crotono del 14.10.1996, *Pia-  
 no di interventi infrastrutturali di emergenza e di prima sistemazione idrogeologica nel terri-  
 torio del comune di Crotono*, Crotono  
 IGM, 1870-75. *Carta topografica d'Italia in scala 1:50.000*  
 IGM, 1986-87. *Carta topografica d'Italia in scala 1:50.000*  
 Lampani G., 1878. *L'Italia sotto l'aspetto idrologico*, Tip. Sinimberghi, Roma, 912 pp.  
 Lanzafame G. e T. Mercuri, 1975. "Interruzioni ferroviarie in Calabria conseguenti a  
 fenomeni naturali (1950-1973)", Geodata, CNR-IRPI, Rende (CS), n. 3, 46 pp.  
 Laquantil L., 1979. *Calabria natura e storia*, Ed. Framasud, Chiaravalle Centrale (CZ)  
 LL.PP., 1907. *Relazione sui servizi idraulici del biennio 1879-80*, Coop. Tip. Manuzio, Roma  
 Lucifero A., 1922-24. *Crotono dal 1800 al 1808 con qualche accenno sulle vicende della  
 Calabria durante il periodo medesimo*, Stab. Tip. Pirozzi, Crotono  
 Marzolla B., 1852. *Carta topografica della Provincia di Calabria, Ulteriore 2*, Napoli  
 Moretti A., 1994. "Note sull'evoluzione tettono-stratigrafica del Bacino Crotonese  
 dopo la fine del Miocene", *Boll. Soc. Geol. It.*, 112, pp. 845-67  
 Nicotera P., 1959. "Lo stato di dissesto idrogeologico della penisola calabrese", *Geo-  
 tecnica*, 6, pp. 1-27  
 Petrucci O. e D. Caloiero, 1995. *Effetti del nubifragio del 13 marzo 1995 in Calabria me-  
 ridionale ed in Sicilia orientale*, CNR-IRPI, Rende (CS), R.I. n. 4 51  
 Petrucci O., Chiodo G. e D. Caloiero, 1996. "Eventi alluvionali in Calabria nel decen-  
 nio 1971-80", *Pubb. N. 1374 del GNDCl*, Rubbettino Arti Grafiche, Soveria Mannelli  
 (CZ), 142 pp.  
 Rizzi Zannoni, 1788. *Atlante terrestre delle due Sicilie*, Napoli  
 Roda C., 1965. "Geologia della tavoletta Belvedere di Spinello (prov. di Catanzaro,  
 F.237 I SE)", *Boll. Soc. Geol. It.*, 84 (2), pp. 159-285  
 Servizio Idrografico, sez. Catanzaro, 1921-1987. *Annali Idrologici, parte I e II*, Istituto Po-  
 ligrafico e Zecca dello Stato, Roma  
 Sereno P., 1994. "Catastrofi: quando ripensare l'ambiente", *Sistema Terra*, Ed. Laterza, 2, p. 7  
 Versace P., Ferrari E., Gabriele S. e F. Rossi, 1989. *Valutazione delle piene in Calabria*,  
 CNR-IRPI, Rende (CS), Geodata n. 30

**NOTE**

<sup>1</sup> Neto: corso d'acqua che attualmente sbocca nel mar Ionio circa 1400 m a Nord ri-  
 spetto all'Esaro.

Tab. 1: Eventi alluvionali storicamente documentati nel centro di Crotono e nel suo circondario. Nella colonna contrassegnata con E sono segnalate le esondazioni, nella colonna A sono riportate le notizie di allagamenti per ristagno delle acque piovane. Il simbolo ↔ indica una notizia inerente un'area non delimitabile; il simbolo f contrassegna le informazioni che si riferiscono ad aree delimitabili. Queste ultime sono state utilizzate per la composizione delle figure 6a e 6b

Data	E	A	Fonte
28 lug 1667		↔	Fiore, 1691
9 lug 1807		f	Lucifero, 1922
12 dic 1905	f	↔	LL.PP., 1907
23 feb 1930	f	↔	La Nazione
1 mar 1935	f	↔	S. I., 1935
21 ott 1953		f	Il Mattino
20 nov 1957	f		Gazz. Mezzogiorno
25 nov 1959	f	f	Gazzetta del Sud
19 ott 1962		↔	Il Mattino
9 nov 1962	f	f	Il Mattino
12 dic 1968		↔	Il Mattino
2 gen 1973	f		Petrucci et al., 1996

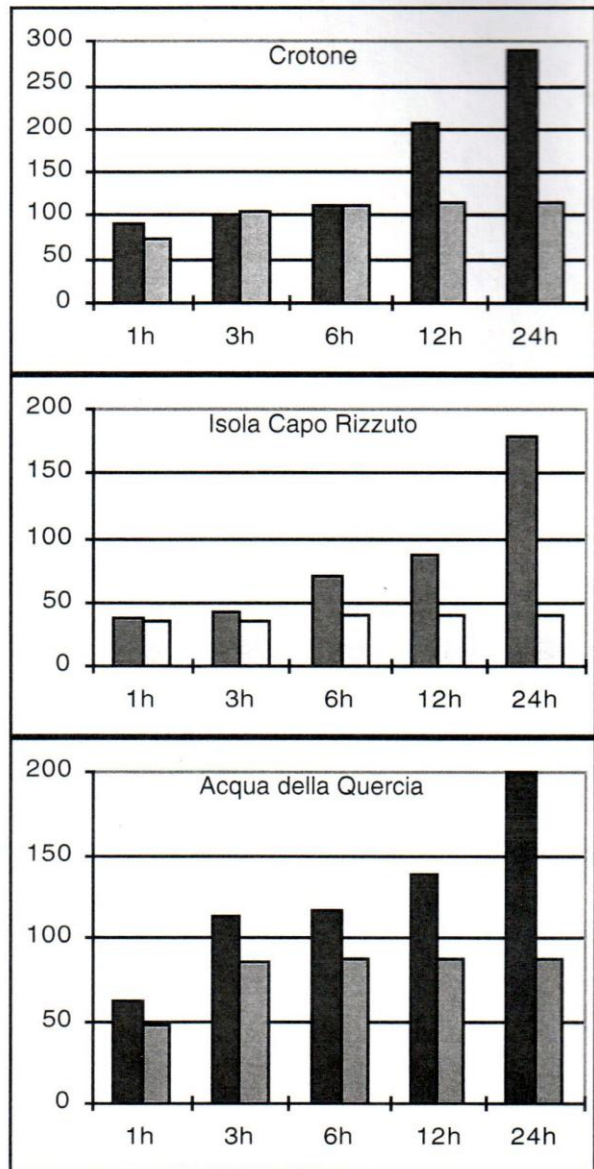


Fig. 7: Piogge orarie registrate in 1, 3, 6, 12, 24 ore alle stazioni pluviometriche dell'area di studio nel corso dell'evento del 14 ottobre 1996 (colonne in rigato) confrontate con i massimi storici registrati dal 1921 al 1980 (colonne colorate)

Data	E	A	Fonte
28 ago 1974		f	Gazzetta del Sud
4 nov 1976		f	Petrucci et al., 1996
12 nov 1976		f	Petrucci et al., 1996
18 nov 1976	f	f	Petrucci et al., 1996
20 ott 1978		f	Petrucci et al., 1996
4 nov 1979		f	Gazzetta del Sud
7 nov 1984		↔	Gazzetta del Sud
21 lug 1986		↔	Gazzetta del Sud
22 mar 1987		↔	Gazzetta del Sud
15 nov 1990	f	f	Gazzetta del Sud
nov 1992	↔		Coppolecchia 1992
14 mar 1995		↔	Petrucci e Caloiero, 1995