

PAOLO BUDETTA \*

CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA DI UN BACINO-CAMPIONE  
IN ROCCE CARBONATICHE CON IL METODO DELLA CORRIVAZIONE

\* Dr. Paolo Budetta, Istituto di Geologia Applicata, Fac. Ingegn., Napoli.

## I N D I C E

<i>Riassunto - Résumé</i> . . . . .	5
1. PREMESSA . . . . .	7
2. DESCRIZIONE MORFOLOGICA DELL'AREA INVESTIGATA . . . . .	8
3. GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA . . . . .	8
4. CARATTERISTICHE DEL DRENAGGIO . . . . .	13
5. REGIME IDROLOGICO ED ANALISI STATISTICA DEGLI EVENTI BREVI	15
6. IL METODO DELLA CORRIVAZIONE . . . . .	20
7. CONCLUSIONI . . . . .	29

## RIASSUNTO

Lo studio, di cui si riferiscono i risultati in questa nota, si inquadra nell'attività di ricerca svolta presso l'Istituto di Geologia Applicata della Facoltà di Ingegneria di Napoli nell'ambito dei Progetti finalizzati C.N.R. (Conservazione Suolo: Dinamica fluviale).

In particolare si sono voluti approfondire alcuni aspetti dell'idrogeomorfologia di un bacino in rocce carbonatiche che offriva spunti di notevole interesse anche pratico.

Tale bacino, nell'entroterra della città di Salerno, è impostato su rocce carbonatiche ed è caratterizzato da assenza di deflusso per lunghi periodi dell'anno. Tuttavia esso è ubicato in un'area con elevata frequenza di eventi meteorici brevi ma particolarmente intensi che si traducono, a volte, in portate di deflusso copiose e di difficile determinazione data l'assenza di apparecchi di registrazione che, d'altro canto, risulterebbe non utilizzabili date le caratteristiche dei deflussi stessi.

Inoltre l'area oggetto di studio è intensamente urbanizzata ed il Vallone stesso, nel suo tratto terminale, è adibito a fogna scorrendo in alveo coperto fino al mare.

La regolarizzazione, con il metodo di Gumbel, delle piogge massime di un giorno per il periodo 1919-70 ha permesso di riconoscere il tempo di ritorno di taluni nubifragi che hanno interessato la zona.

L'analisi geomorfica del reticolo idrografico e la valutazione idrogeologica delle capacità infiltrative delle dolomie invece forniscono un ulteriore contributo allo studio dei fenomeni di piena.

Per il calcolo di quest'ultimi ci si è serviti del metodo della « corrivazione » ottenendo un valore della portata al colmo, in corrispondenza dell'evento alluvionale del 25 e 26 ottobre 1954, di circa  $41 \text{ m}^3/\text{sec}$ ; tale valore è molto prossimo a quello ottenuto dal Servizio Idrografico ( $46 \text{ m}^3/\text{sec}$ ) con l'ausilio della formula di Giandotti.

## RÉSUMÉ

L'étude présent se situe dans l'activité de recherche de l'Institut de Géologie Appliquée de l'École Polytechnique de Naples dans le cadre des Projets C.N.R. (Conservation du sol: Dynamique fluvial).

En particulier on a approfondi des aspects de hydrogéomorphologie du bassin du Vallone Cernicchiara caractérisé par des éléments même d'intérêt pratique.

*Ce bassin, dans l'arrière-pays de Salerno, est creusé en roches carbonatiques et il est souvent sans débit pendant l'année.*

*Cependant il se trouve dans une zone d'une élevée fréquence de précipitations intenses et localisés qui engendrent parfois, dans le bassin, des débits abondants et imprévisibles.*

*La regularisation, avec Gumbel, des pluies de 1 jour pendant la période 1919-70, a été utilisée pour connaître le temp de retour de quelques inondations qui se sont vérifiées en zone.*

*L'analyse géomorphologique du réseau hydrographique et la valuation hydro-géologique de l'infiltration dans le dolomies ont donné une ultérieure contribution à l'étude des crues.*

*Pour le calcul de ces dernières on a utilisé le « Metodo della Corrivazione ». Il a donné, pour l'alluvion du 25 et 26/X/1954 une valeur de 41 mc/sec; cette valeur est bien semblable à celle obtenue par le Servizio Idrografico Italiano (46 mc/sec) qui a utilisé des formules empiriques.*

#### ELENCO DEI SIMBOLI UTILIZZATI NEL TESTO

D	= densità di drenaggio.
c	= costante di permanenza del canale.
M	= media delle altezze di pioggia registrate nel periodo 1919-70 e per durate di 1 giorno.
$M_1$	= media dei rapporti tra gli m eventi meteorici osservati e la media aritmetica degli stessi.
$M_2$	= media quadratica degli eventi meteorici osservati.
x	= variabile casuale dell'equazione di Gumbel.
y	= variabile ridotta del tipo di quella z della distribuzione di Laplace-Gauss.
N	= valore dominante o Norma della distribuzione p(x), funzione di densità di probabilità.
$\alpha$	= parametro dipendente dal numero delle osservazioni.
$\sigma$	= scarto quadratico medio.
$T_c$	= tempo di corrivazione in ore.
$T_r$	= durata della pioggia in ore.
$T_b$	= tempo di base dell'idrogramma di deflusso in ore.
S	= superficie del bacino in Km <sup>2</sup> .
L	= lunghezza dell'asse della valle percorsa dal fiume collettore in Km.
$H_m$	= quota media del bacino riferita alla sezione di chiusura, in metri.
a, b, c	= parametri sperimentali dell'espressione di Giandotti.
H	= altezza di pioggia regolarizzata, in millimetri.
$Q_{max}$	= portata al colmo per durate di pioggia pari al tempo di corrivazione, in m <sup>3</sup> /sec.
$\phi$	= coefficiente di deflusso.
$\varepsilon$	= coefficiente d'invaso della rete idrografica.

## 1. PREMESSA

La valutazione delle massime portate di piena defluenti da bacini idrografici è, per lo più, assai ardua sia per il grado di indeterminazione insito nel calcolo dell'apporto meteorico sia per la complessità di alcuni fenomeni quali l'evapotraspirazione e l'infiltrazione che risultano, in effetti di non facile definizione. Un ulteriore elemento di incertezza si presenta là dove si considerano eventi meteorici particolarmente intensi e localizzati. Infatti per questi se è possibile trascurare il ruolo svolto dall'evapotraspirazione è però necessario poter disporre di registrazioni orarie e soprattutto seguire nei dettagli l'evoluzione del fenomeno infiltrativo e tener conto della naturale laminazione delle portate defluenti nei canali e nelle altre depressioni della rete idrografica.

Se si tiene conto che sono proprio questi tipi di eventi meteorici ad avere maggiori ripercussioni dal punto di vista geomorfologico ed idrogeologico specie sui piccoli bacini idrografici in rocce carbonatiche, si ha un'immagine chiara della portata del problema.

In tal senso basta far riferimento a molti valloni dei rilievi carbonatici dell'Appennino meridionale che pur presentandosi privi di deflusso per lunghi periodi dell'anno tanto da essere, in alcuni casi, sfruttati come alvei-strada, possono, a volte, convogliare piene eccezionali difficilmente prevedibili e tali da avere anche gravi conseguenze sulle opere di difesa idraulica e sui manufatti in generale.

Una metodologia in grado di risolvere compiutamente il problema potrebbe essere rappresentata dalla predisposizione di alcuni bacini-campione sperimentali dotati di idrometrografi. Tuttavia è necessario osservare che il valore della portata solida, in questi casi, è elevatissimo e tale da falsare le registrazioni.

In via alternativa si può far ricorso a formule empiriche (Formula di Giandotti, Formula del «  $Q_{100}$  », ecc.), che sono ancor oggi in uso anche se sembrano fornire valori approssimati o comunque legati a parametri idrologici di difficile determinazione nei casi particolari in oggetto; ovvero analizzando ogni singolo bacino dettagliatamente nelle sue componenti geomorfiche (estensione, quote, pendenze dei versanti), idrologiche (tempo di corrivazione, tipo di reticolo idrografico) ed idrogeologiche (litologia, assetto strutturale, tipo di permeabilità) e procedendo alle associazioni di queste alle singole leggi di pioggia ricavabili dal maggior numero di dati meteorici intesi possibili.

Muovendoci in tale ottica si è ritenuto di verificare questa metodologia inserendola direttamente nell'ambito del filone di studio e di ricerca seguito

dall'unità operativa diretta dal prof. Nicotera e che agisce nel Progetto Finalizzato « Conservazione del Suolo » Subprogetto « Dinamica Fluviale ».

La scelta dell'area di studio, che non ricade nel Bacino del Tammaro cui si riferisce il finanziamento e sul quale si sta da tempo operando, è in effetti motivata oltre che dalla buona rappresentatività nei riguardi della geomorfologia di bacini in rocce carbonatiche campione, altresì dal fatto che essa è stata investita in passato da una gravissima alluvione della quale il Servizio Idrografico ha registrato alcuni dati essenziali.

Sono grato al prof. Roberto de Riso per le numerose e chiarificanti discussioni ed al prof. Pasquale Nicotera, direttore dell'Istituto e responsabile del sottoprogetto « Dinamica Fluviale » per il costante incoraggiamento ricevuto.

## 2. DESCRIZIONE MORFOLOGICA DELL'AREA INVESTIGATA

Il bacino del Vallone Cernicchiara si estende in direzione NW-SE per circa 2,5 km<sup>2</sup> interessando, nella sua parte meridionale, l'abitato di Salerno (figg. 1 e 2). Insieme con altri piccoli bacini, alcuni dei quali assumono la forma di semplici depressioni topografiche, drena i rilievi che cingono da nord l'abitato e che si estendono dall'altura di S. Liberatore ad ovest, fino alla valle del fiume Irno ad est.

Le pendenze dei rilievi assumono valori via via crescenti al diminuire della quota fino ad originare pareti subverticali nella zona ad ovest della città dove la roccia assume la forma di una vera e proprio falesia. La quota media del bacino è di circa 291 metri e la lunghezza del collettore principale, per tutto il tratto in cui esso è scoperto, è di circa 3,2 km. Nell'ultima parte il corso d'acqua attraversa l'abitato in alveo coperto; tale copertura si è andata progressivamente estendendo verso monte al progredire dello sviluppo edilizio della città. Inoltre nel bacino, in sinistra del Vallone e, ormai in alveo, sono attualmente in esercizio due cave oltre ad una terza non più sfruttata a breve distanza dall'abitato. Infine l'alveo, nel suo tratto terminale, è attraversato da varie strade urbane, dal viadotto dell'autostrada Salerno-Reggio Calabria, dalla galleria ferroviaria Salerno-Nocera che in questo tratto lo sottopassa e, ultimamente, dall'acquedotto che convoglia nella rete di distribuzione urbana le acque drenate dalla galleria ferroviaria.

La presenza di tante opere stradali, ferroviarie e di tipo insediativo in uno spazio così ristretto, frutto di una cattiva impostazione urbanistica e della sistematica inosservanza, per il passato, di piani regolatori, è un motivo in più per far guardare con estrema preoccupazione ad ogni evento meteorico un po' più intenso del normale anche se esso non assume caratteri di eccezionalità.

## 3. GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

Dal punto di vista litologico il bacino del Vallone Cernicchiara è costituito interamente da dolomie grigie nettamente stratificate. Tale tipo litologico appartiene al complesso delle « dolomie superiori » che, insieme con altri terreni

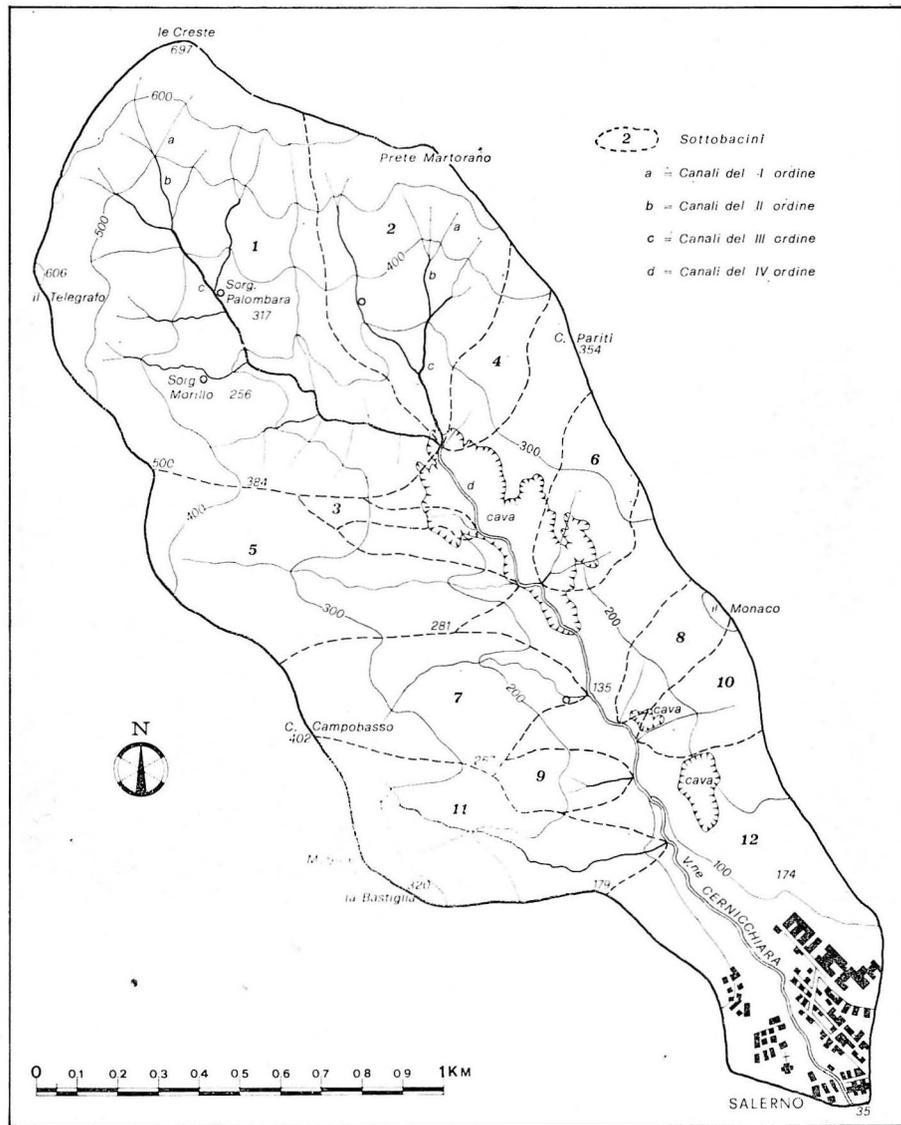


Fig. 1 - Bacino imbrifero e principali caratteristiche geomorfologiche del Vallone Cernicchiaro.

di età mesozoica (calcari, calcari dolomitici, calcari detritici, ecc.) costituiscono la ben nota successione carbonatica di piattaforma dell'Appennino meridionale.

Questo complesso dolomitico è di età triassica (Norico) e fa passaggio verso l'alto, nella zona in oggetto, ad una formazione di calcari dolomitici (Norico-Lias inf.) affioranti soprattutto nella zona de « Le Creste ».

A luoghi sono presenti nelle dolomie intercalazioni argillose di color giallo-ocra di pochi centimetri di spessore che, in alcuni punti, assumono l'aspetto di vere e proprie argille marnose (strada panoramica per « Croce ») (figg. 3 e 4).



Fig. 2 - Veduta parziale del Bacino del Vallone Cernicchiara con una delle cave attualmente in attività.

Inoltre nel complesso dolomitico si rinvengono, a vari livelli, sottili straterelli di marne fogliettate bituminose, di color grigio-scuro attraversati da vene di calcite (scisti ittiolitici). Tali livelli ittiolitici sono stati rinvenuti anche intercalati alle dolomie nelle perforazioni geognostiche eseguite per il costruendo viadotto che collegherà la zona portuale della città con gli svincoli autostradali.

Dal punto di vista tettonico è interessante osservare che mentre la formazione dolomitica appare interessata da uno stile di deformazione rigido caratterizzato da faglie a vario rigetto e da una ricca serie di fratture, i livelli argillosi ed argillo-marnosi invece presentano complessi fenomeni plicativi. Questi stili deformativi, che rispecchiano il diverso comportamento dei materiali nei confronti degli sforzi tettonici a cui è stata assoggettata la roccia,

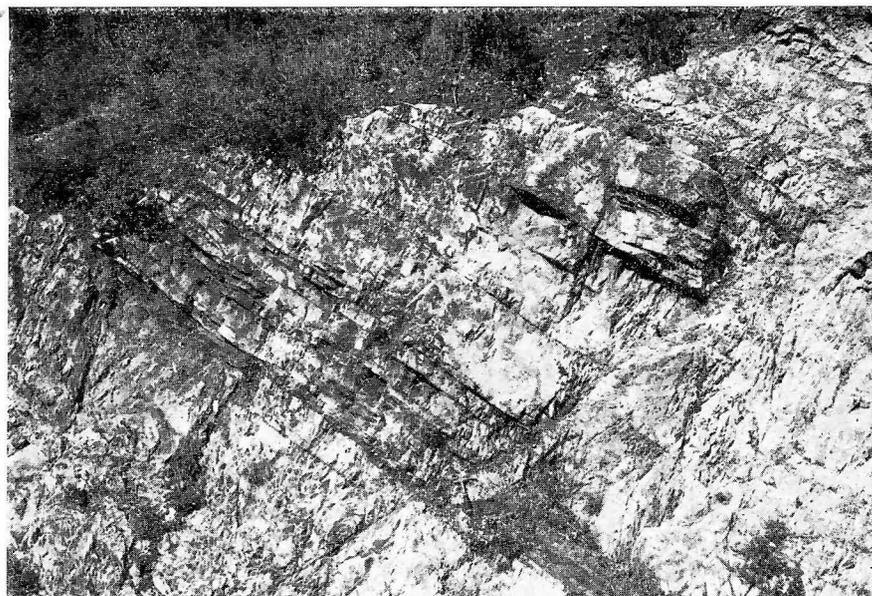


Fig. 3 - Intercalazioni calcareo-marnose sottilmente straterellate nelle dolomie.



Fig. 4 - Particolare delle intercalazioni calcareo-marnose.

testimoniano la presenza di una tettonica particolarmente attiva che ha interessato la roccia a varie riprese durante tutto il Miocene (in prevalenza nel Langhiano e nel Tortoniano) e fino all'inizio del Quaternario.

Studi a carattere regionale condotti in aree limitrofe a quella in oggetto e nei Monti Picentini hanno evidenziato la presenza di fenomeni compressivi (faglie inverse e sovrascorrimenti) a cui hanno fatto seguito, a partire dal Pliocene superiore, movimenti a prevalente componente verticale (faglie dirette).

Le complesse vicende tettoniche, sommariamente delineate, hanno prodotto un'intensa fratturazione anche nelle dolomie in oggetto. Tale fratturazione, a volte, giunge a mascherare l'originaria stratificazione e, in alcune

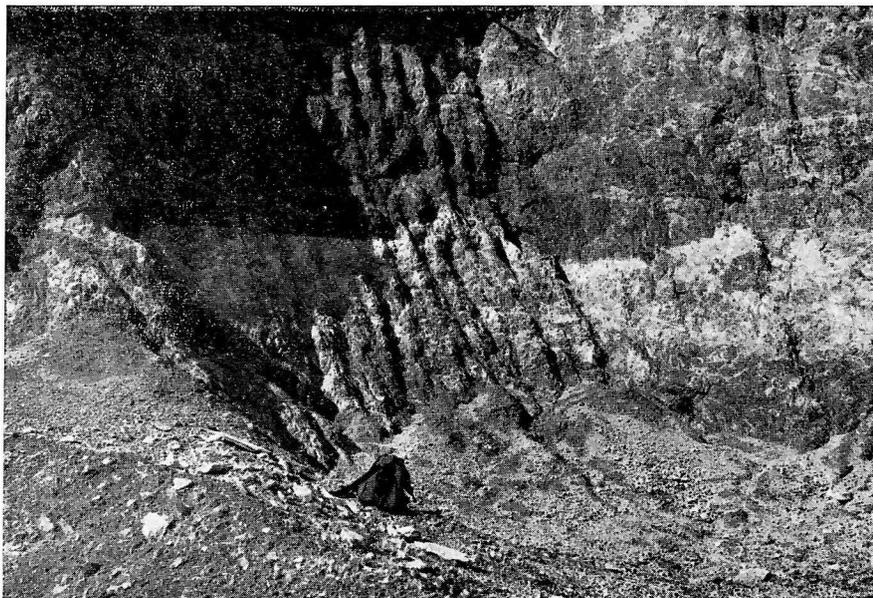


Fig. 5 - Esempio di intensa cataclasiizzazione della formazione dolomitica del Bacino del Vallone Cernicchiara.

zone del bacino, è tanto spinta da trasformare la roccia in un ammasso pseudo-coerente di elementi dolomitici a forma prismatica e talvolta in veri e propri sabbioni dolomitici incoerenti o pseudocoerenti (fig. 5). Queste zone di estrema cataclasiizzazione sono state rinvenute anche durante lo scavo della galleria ferroviaria Nocera-Salerno per tratti molto estesi, lungo i quali si è dovuto far ricorso a interventi di consolidamento atti a garantire la stabilità dello scavo stesso.

La serie stratigrafica dei terreni affioranti nel bacino del Vallone Cernicchiara è completata dalla presenza di materiali piroclastici incoerenti più o meno intensamente argillificati, di spessore variabile da pochi centimetri a

1-2 metri e costituiti da pomici e materiali cineritici a granulometria medio-fina. Tali coperture, in genere di ridotto spessore, ammantano a tratti le dolomie soprattutto nelle zone più depresse del bacino. Sono presenti infine tipiche tasche di lapillo nero vesuviano.

Per ciò che riguarda la permeabilità delle dolomie si può ritenere (8) che esse siano mediamente permeabili per fessurazione con ulteriore abbassamento del grado di permeabilità nelle zone cataclasizzate e là dove le fratture sono ostruite da materiali secondari. In base ad osservazioni effettuate su tali litotipi affioranti estesamente nei rilievi carbonatici tra Nocera e Salerno, è stato attribuito al complesso dolomitico in questione un coefficiente d'infiltrazione potenziale del 50% del deflusso totale.

È pertanto possibile affermare che durante eventi meteorici intensi e prolungati nel tempo la capacità infiltrativa delle dolomie si riduce rapidamente a tutto vantaggio del ruscellamento. La saturazione e l'entrata in carico dell'acqua d'infiltrazione delle fessure del sub-strato provoca, come conseguenza immediata, l'appesantimento della coltre piroclastica ed il suo scollamento, facilitando così movimenti gravitativi con conseguenze, a volte, di tipo catastrofico. Questo meccanismo è stato evidenziato e più volte verificato durante i fenomeni franosi della Penisola Sorrentina (10).

#### 4. CARATTERISTICHE DEL DRENAGGIO

In molti studi relativi a problemi di regimazione delle acque, soprattutto per ciò che riguarda le piene od i tempi di corrivazione, è stata presa in considerazione, quale parametro tra i più significativi, la densità di drenaggio (3). Infatti essa, definita, come è noto, come rapporto tra la lunghezza dei canali compresi in un bacino e la sua area totale, è in grado di fornire un'idea abbastanza esatta dell'attitudine del terreno all'*infiltrazione* ed al *ruscellamento* delle acque superficiali.

D'altro canto la scelta della densità di drenaggio come parametro più significativo trova la sua giustificazione anche in rapporto alle correlazioni esistenti tra di essa e fattori quali le *condizioni climatiche*, *l'acclività*, *la copertura vegetale* e la *natura litologica* del substrato roccioso soprattutto per ciò che riguarda l'erodibilità e la permeabilità (12).

Date le finalità del presente lavoro, si è ritenuto opportuno studiare il bacino del Vallone Cernicchiara anche sotto questo profilo, tenuto conto delle caratteristiche abbastanza articolate e dello sviluppo lineare del suo reticolo idrografico che appare elevato in rapporto all'area totale e alla natura litologica del bacino.

È opportuno ricordare che come base di partenza per il calcolo della densità di drenaggio (D) si è utilizzato il criterio di classificazione dei canali proposto da Strahler (20) fig. 1 e Tab. 1).

Inoltre poiché il valore di D è funzione della scala della cartografia utilizzata (12)<sup>1</sup>, si è fatto ricorso ad una base topografica al 10.000 ottenuta

<sup>1</sup> È evidente infatti che all'aumentare del dettaglio aumenta anche il numero dei canali del 1 ordine in considerazione e quindi varia la densità di drenaggio. L'importanza della

Tab. 1 - VALORI DI ALCUNI PARAMETRI GEOMORFICI SIGNIFICATIVI DEL VALLONE CERNICCHIARA

Sottobacino	u	N	L (m)	$\Sigma L$ (m)	A Km <sup>2</sup>	D (L/A)	C (1/D)
1	1	20	3.125	5.315	0.6644	8.00	0.12
	2	6	1.290				
	3	1	900				
3	1	1	150	150	0.0198	7.57	0.13
5	1	1	860	860	0.2225	3.86	0.26
7	1	1	615	615	0.1725	3.56	0.28
9	1	2	110	220	0.0387	5.68	0.18
	2	1	110				
11	1	3	300	1.020	0.1862	5.48	0.18
	2	1	720				
2	1	7	720	1.710	0.2351	7.27	0.14
	2	3	690				
	3	1	300				
4	1	1	125	125	0.0588	2.12	0.47
6	1	2	350	395	0.0786	5.02	0.20
	2	1	450				
8	1	1	170	170	0.0480	3.54	0.28
10	1	1	250	250	0.0560	4.46	0.22
12	4	1	1.970	1.970	0.7144	2.76	0.36
						4.94 (media)	0.23 (media)
u = Numero d'ordine dei canali			A = Aree dei sottobacini				
N = Frequenza dei canali di diverso ordine			D = Densità di drenaggio				
L = Lunghezze dei canali in metri			C = Costante di permanenza dei canali				

per ingrandimento dell'originaria tavoletta alla scala 1:25.000, corretta e completata mediante l'ausilio di una copertura aerofotografica della zona in oggetto alla scala 1:15.000 (fig. 1).

Dalla lettura della Tab. 1, risulta che i sottobacini 1° e 2° presentano un valore di D piuttosto elevato (8,00 e 7,27 rispettivamente); che è possibile attribuire (13) all'elevata acclività dei versanti su cui i reticoli sono impostati e alle maggiori altitudini medie dei sottobacini stessi, alle quali sono legate precipitazioni più intense ed erosioni superficiali più attive. Altrove (sottobacini in sinistra del Vallone) accade invece che pur in presenza di versanti ancora più acclivi si misurino valori di D più bassi, in media, dei sottobacini in destra. L'interpretazione di tali discrepanze potrebbe risiedere nella influenza localmente notevole del fattore permeabilità. Infatti nell'ambito del bacino la permeabilità relativa delle dolomie varia sia in rapporto alla fratturazione della roccia sia in conseguenza del ruolo impermeabilizzante esercitato dalla copertura dei materiali piroclastici. Questi ultimi in effetti tendono ad intasare le fratture della roccia e quindi sottraggono una certa aliquota delle precipitazioni alla infiltrazione a tutto vantaggio del ruscellamento.

Per quanto riguarda la copertura vegetale, c'è da sottolineare che essa non sembra avere grande influenza sul valore di D, soprattutto in quelle zone ove il bosco risulta più o meno degradato e quindi non più capace di ostacolare il ruscellamento superficiale (12).

In definitiva può dirsi tuttavia che pur con le differenze indicative il valore medio di D, caratterizzi un bacino a medio grado di dissecazione (1), con un reticolo idrografico sufficientemente articolato ed una frequenza dei canali naturali in equilibrio con le elevate precipitazioni dell'area in oggetto.

#### 5. REGIME IDROLOGICO ED ANALISI STATISTICA DEGLI EVENTI BREVI

Il regime pluviometrico di Salerno è caratterizzato da valori medi annui piuttosto elevati. Per il periodo 1921-50 la media annua è stata di circa 1300 mm.

Ma più che i valori medi è interessante conoscere le aliquote di pioggia relative agli eventi meteorici con durata di un giorno, di cui in tabella 2 sono stati raccolti i dati relativi al periodo 1919-70. L'analisi comprende l'evento alluvionale del 25 e 26 ottobre 1954 durante il quale furono registrati in 16 ore ben 504,0 mm di pioggia. Tale valore è il primo caso critico tra quelli di un giorno; per 2 giorni consecutivi di pioggia si hanno 506,5 mm che rappresentano anche il massimo per 3, 4 e 5 giorni consecutivi.

Come è possibile osservare nella Tab. 2, l'evento in oggetto ha avuto caratteri di estrema eccezionalità e ciò è facilmente verificabile se si considera che nel periodo 1921-53 il totale mensile più elevato è stato di 440,0 mm (dicembre 1935).

scala, nelle elaborazioni proposte, è ulteriormente confermata dal fatto che sono proprio i canali ed i rigagnoli più piccoli ad avere una variabilità di forma e di dimensioni più elevata (tempo di permanenza) soprattutto in concomitanza di elevate precipitazioni (12), (13).

Pur tuttavia nel periodo di 52 anni, oggetto di indagine, si sono verificati ben 4 nubifragi che hanno provocato danni incalcolabili e vittime umane. Le massime precipitazioni di 1 giorno furono le seguenti:

21 settembre 1929	mm 170,5
14 settembre 1939	» 185,8
2 ottobre 1949	» 198,0
11 settembre 1953	» 199,8

Fenomeni di grave alluvionamento si sono verificati anche più di recente, per esempio il 26 ottobre 1966 con aliquota di pioggia di 128,6 mm. Quest'ultimo evento si è ripercosso in modo particolare nel Vallone Cernicchiara dove ha provocato seri danni proprio a causa dell'intensa urbanizzazione della parte bassa del bacino ed una lunga vertenza giudiziaria tra il Comune di Salerno ed i proprietari delle cave.

Dai dati riportati si desume che i mesi nei quali è possibile il verificarsi di eventi intensi sono settembre, ottobre ed a volte anche novembre.

Queste analogie e la necessità di applicare i dati osservati al calcolo delle portate massime ci ha spinti a ricercare una legge statistica che ci dia indicazioni sulla frequenza e sul tempo di ritorno degli eventi alluvionali. I dati raccolti in Tab. 2 sono stati quindi regolarizzati con l'ausilio del metodo di Gumbel, la cui applicabilità alle piogge è stata verificata in molti lavori (21) (11) (22).

Senza addentrarsi in particolari sul metodo, per i quali si rimanda alla letteratura specializzata (21), (15), (2), è opportuno notare che nell'elaborazione di Gumbel<sup>2</sup> il valore della variabile casuale  $x$  è legata a quello della variabile ridotta  $y$  della distribuzione di Laplace-Gauss dall'equazione:

$$x = N + \left(\frac{1}{\alpha}\right) y \quad (1)$$

in cui:

$$N = M_1 - 0,45 \sigma$$

$$\frac{1}{\alpha} = 0,7797 \sigma$$

$M_1$  = media dei rapporti tra gli  $m$  dati osservati e la media aritmetica degli stessi

$\sigma$  = scarto quadratico medio

In Tab. 3 sono riportati per le piogge massime di un giorno i dati più significativi del calcolo e l'equazione ricavata. In fig. 6 infine appare, in diagramma probabilistico, la retta rispondente alla citata equazione.

<sup>2</sup> Nel metodo di Gumbel o del « valore estremo », se per  $n$  osservazioni indipendenti,  $P(x)$  è la probabilità totale o durata di un evento minore di  $x$  (variabile casuale), la probabilità  $\Phi(x)$  che tutti gli  $n$  eventi osservati, e quindi che il più grande tra questi, sia minore di  $x$ , è dato da  $\Phi(x) = [P(x)]^n$ . Gumbel giunge a definire per la curva di durata una espressione del tipo:  $\Phi(y) = \exp(-\exp(-y))$  dove  $y = \alpha(x-N)$ .

Tab. 2 - PRECIPITAZIONI MASSIME DI 1 GIORNO (1919-1970)

mm	data		mm	data
125.0	20- 9-19		55.8	7- 9-45
90.0	2- 1-20		40.9	15-11-46
101.7	14-11-21		45.8	26-10-47
99.0	8-10-22		63.8	28- 1-48
89.0	5-10-23		198.0	2-10-49
51.0	26- 3-24		82.2	4-11-50
94.6	7-11-25		70.2	14- 5-51
51.2	3- 1-26		40.3	2-11-52
72.0	12-11-27		199.8	11- 9-53
46.5	9-11-28		504.0	26-10-54
170.5	21- 9-29		81.4	2- 2-55
61.7	30-12-30		42.7	31-12-56
61.5	21- 2-31		35.0	22-10-57
56.4	26-10-32		53.5	2- 9-58
53.7	21- 2-33		60.0	3-12-59
77.8	21- 9-34		50.2	28- 7-60
92.8	18-11-35		87.0	24- 4-61
57.8	7- 3-36		64.8	11- 1-62
67.8	12- 2-37		120.0	8-10-63
81.9	1-10-38		140.0	19- 9-64
185.8	14- 9-39		75.0	13-11-65
70.8	6- 7-40		128.6	26-10-66
90.7	28- 4-41		85.0	4-10-67
48.8	6- 2-42		100.0	19-12-68
48.5	13- 1-43		125.6	19- 9-69
66.8	21- 9-44		115.4	2-10-70

Dati relativi alla stazione di Salerno nel periodo 1919-'70, desunti dalle pubblicazioni del Servizio Idrografico Italiano.

Tab. 3 - PARAMETRI DELL'EQUAZIONE DI GUMBEL PER LE PIOGGE MASSIME DI 1 GIORNO E PER IL PERIODO 1919 - 1970

M (mm)	$M_1$	$M_2$	$\frac{\sigma}{\sqrt{M_2^2 - M_1^2}}$	N $M_1 - 0.45 \sigma$	$1/\alpha$ $0.7797 \sigma$	Equazione
91.9	1.00	1.25	0.75	0.6625	0.5848	$x = 0.6625 + 0.5848 y$

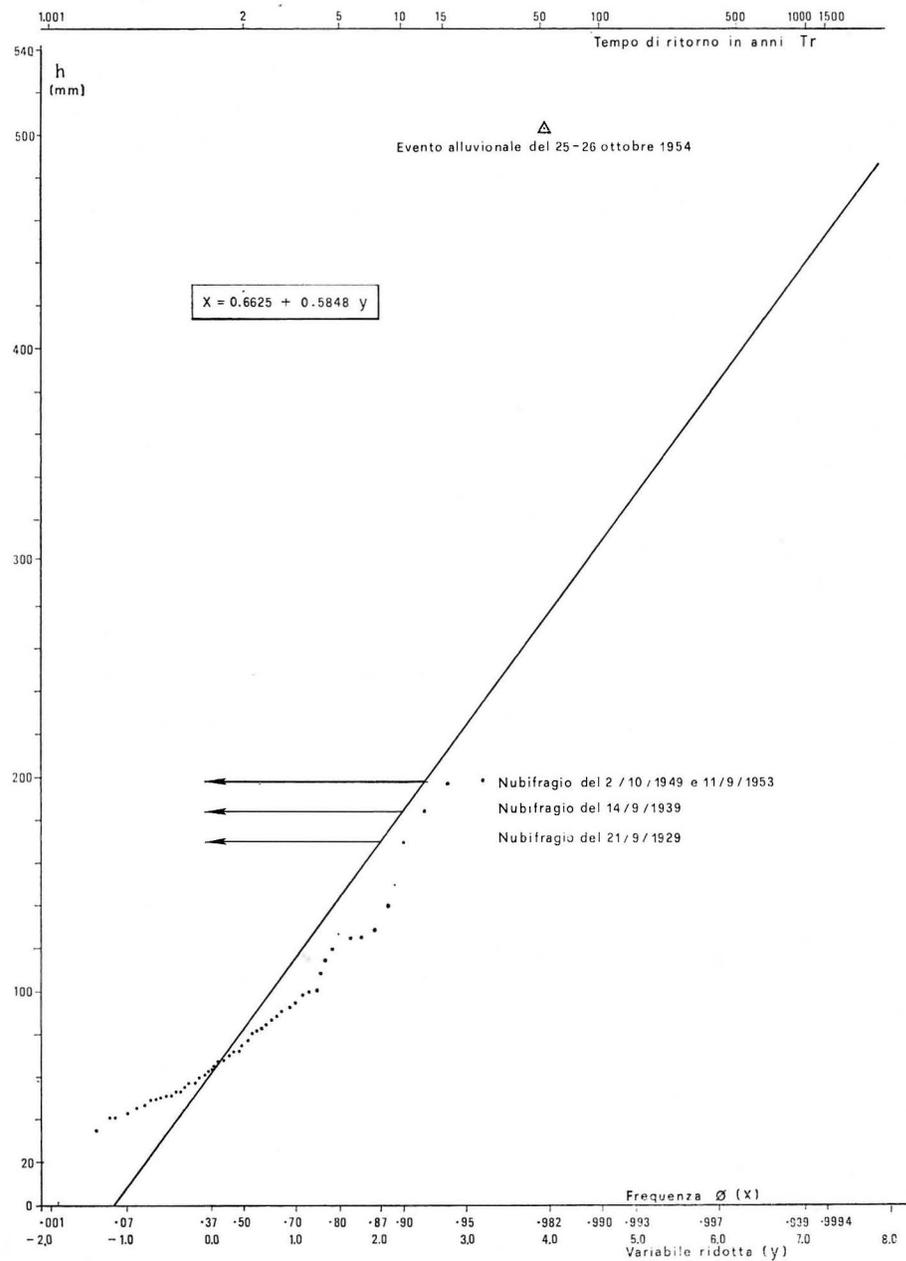


Fig. 6 - Regolarizzazione secondo il metodo di Gumbel delle precipitazioni massime di un giorno per la stazione pluviometrica di Salerno (Periodo 1919-1970).

Per gli eventi alluvionali prima menzionati è stato possibile quindi trovare la frequenza ed il periodo di ritorno. Si fa tuttavia osservare che mentre l'evento alluvionale del 25-26 ottobre 1954 per la sua collocazione si può considerare come facente parte di una diversa popolazione di dati per la quale il metodo di Gumbel non fornisce un soddisfacente valore del tempo di ritorno, per gli altri eventi invece si può calcolare un  $T_r$  oscillante tra 8 e 10 anni. Sono pertanto proprio eventi di questo tipo a destare maggiori preoccupazioni data la frequenza ed il volume di ruscellamento che essi originano, volume questo che non viene agevolmente smaltito da una rete idrografica angusta, di piccolo sviluppo e per di più con alvei ingombri di ogni sorta di materiali. Secondo Frosini (14) i danni maggiori vengono provocati, in bacini analoghi a quello in oggetto, proprio a causa dell'ostruzione degli alvei da parte di materiali accumulatisi nel tempo e di quelli trasportativi dalle acque.

Tali materiali, estremamente eterogenei, formano vere e proprie dighe a tergo delle quali si accumulano le acque fintantoché l'ostruzione non venga trascinata e gli invasi si svuotino in maniera repentina, provocando l'abbattimento a valle di una vera e propria valanga d'acqua frammista a materiali d'ogni genere. Nel 1954 un fenomeno del genere fu osservato nell'alveo del T. Bonea per il dilavamento della pendice della collina di Dragonea nei pressi di Vietri sul Mare. Più recentemente (10) è stato studiato il comportamento della copertura piroclastica dei calcari durante eventi meteorici intensi e si sono messe in evidenza le modalità di franamento di tali materiali riconoscendo anche il ruolo svolto dalla pendenza dei versanti.

A quest'ultimo proposito giova ricordare che una inclinazione intorno a  $35^\circ$  del versante deve ritenersi potenzialmente critica per l'equilibrio della coltre tufacea.

## 6. IL METODO DELLA CORRIVAZIONE

La determinazione della portata massima (portata al colmo) che si può ottenere in corrispondenza di eventi pluviometrici di tipo particolarmente intensi e localizzati in bacini privi di apparecchi di registrazione delle portate può essere ottenuta, nota la legge di pioggia per quel particolare evento meteorico, imponendo alcune considerazioni basilari.

Bisogna ipotizzare che:

— la formazione della piena è dovuta solo ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida;

— ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino con percorso immutabile che dipende solo dalla posizione in cui è caduta la goccia;

— la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, ma ognuna scorre indipendentemente dalle altre;

— la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle singole aree del bacino e che si presentano nello stesso istante nella sezione di chiusura.

Inoltre bisogna osservare che una pioggia, purché uniformemente distri-

buita su di un bacino, produce colmi di piena sempre crescenti fino a che la durata non superi il tempo di corrivazione. Ciò equivale a dire che l'idrogramma corrispondente avrà una forma triangolare (fig. 7) in cui il ramo ascendente avrà la sua ordinata massima in concomitanza del tempo di corrivazione del bacino, purché si supponga costante l'intensità di pioggia.

Se la durata della pioggia è pari al tempo di corrivazione  $T_c$ , al ramo ascendente farà seguito un ramo discendente che termina dopo un tempo  $T$  uguale a  $T_c$ ; pertanto il triangolo avrà per base un valore di  $T_b$  uguale a 2 volte  $T_c$ .

Se la durata  $T_r$  della pioggia invece è superiore a  $T_c$ , la portata di piena, raggiunto il suo valore massimo dopo un tempo  $T_c$ , si manterrà costante fino alla fine dell'evento. L'ordinata massima risulterà allora traslata di un tempo pari a  $T = T_r - T_c$ .

Infine se supponiamo che il nostro bacino, con tempo di corrivazione noto, possa essere suddiviso in aree aventi ognuna un tempo di corrivazione sottomultiplo di quello totale, avremo tanti idrogrammi, quante sono le aree parziali, tutti uguali tra di loro e ritardati l'uno rispetto all'altro di un valore pari al  $T_c$  di ogni singola area. L'idrogramma complessivo si ottiene sommando gli idrogrammi parziali ed ha tempo di base doppio del tempo di corrivazione del bacino; l'ordinata massima infine si verifica al termine della pioggia ed è pari al prodotto dell'intensità di pioggia per l'area totale del bacino (fig. 7).

Le linee che separano aree a diverso tempo di corrivazione prendono il nome di « isocorrive ». Un notevole grado di difficoltà è dato proprio dal tracciamento delle isocorrive. Tra i vari metodi proposti si è (15) ritenuto opportuno scegliere quello che considera tali linee coincidenti con le curve di livello del bacino, nell'ipotesi che il tempo di corrivazione di ciascun punto sia proporzionale alla distanza che intercorre tra di esso e la sezione di chiusura e che a punti a quote più elevate, rispetto alla sezione di chiusura, corrispondono distanze maggiori e quindi tempi di corrivazione maggiori<sup>3</sup>.

La metodologia proposta, elaborata da C. Viparelli, è stata applicata al Vallone Cernicchiara (fig. 1).

Mediante planimetrizzazione delle aree comprese tra isoipse successive è stato possibile ricavare la quota media del bacino e la sua curva ipsografica (fig. 8).

Per il calcolo del tempo di corrivazione ci si è avvalsi della nota formula di Giandotti in base alla quale il tempo di corrivazione, espresso in ore, è dato da:

$$T_c = \frac{a \sqrt{S} + b L}{c \sqrt{H_m}} \quad (2)$$

<sup>3</sup> Si fa osservare tuttavia che il metodo proposto è applicabile soprattutto a bacini di forma arrotondata ed un pò meno a quelli di forma allungata. Infatti in questi bacini si possono avere zone altimetricamente uguale a differente distanza dalla sezione di chiusura. Tuttavia gli altri metodi proposti (Quignones, ecc.) (15) presentano anche essi notevoli difficoltà nella applicazione pratica ed inoltre il bacino in oggetto, pur di forma allungata, ha un'area limitata e tale da escludere la presenza di tempi di corrivazione molto diversi l'uno dall'altro a seconda del metodo applicato.

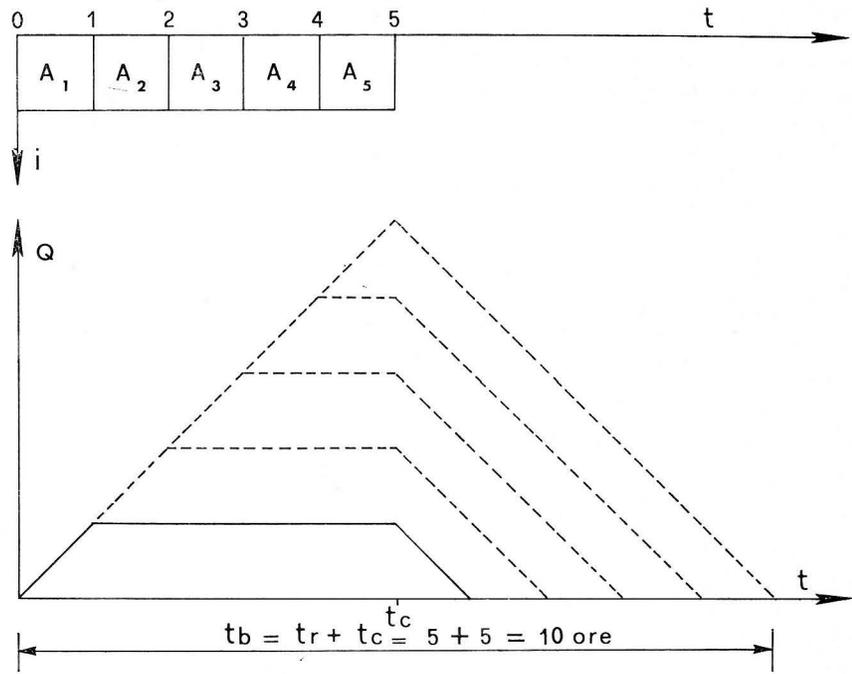


Fig. 7 - Idrogramma di deflusso secondo il metodo della convoluzione (Da MAIONE [1977]).

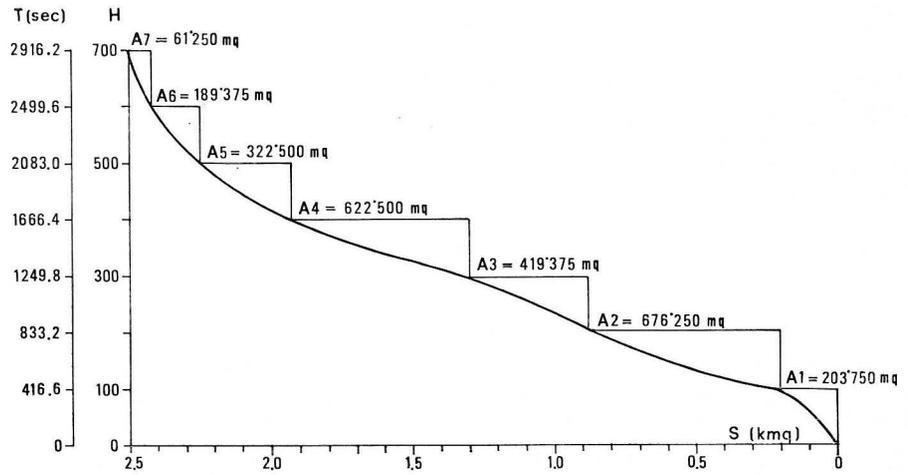


Fig. 8 - Curva ipsografica del bacino del Vallone Cernicchiara.

in cui:

a, b e c sono coefficienti ai quali, in base ad osservazioni sperimentali, Giandotti ha dato i valori:  $a = 4$ ,  $b = 1,5$ ;  $c = 0,8$ .

S = superficie del bacino in  $\text{km}^2$

L = lunghezza dell'asse della valle percorsa dal fiume collettore, in km

$H_m$  = quota media del bacino riferita alla sezione di chiusura, in metri.

Per il Vallone Cernicchiara è risultato quindi un valore di  $T = 0,81$  ore = 2916 secondi.

Il bacino è stato quindi suddiviso in sette aree mediante 6 linee isocorive, ciascuna delle quali risulta intervallata di 416,6 sec. (fig. 8).

Pertanto, in base alle ipotesi formulate in precedenza, qualsiasi evento pluviometrico si consideri, il valore di  $T_c$  rimane immutato.

Per il calcolo della portata al colmo si è fatto riferimento all'evento alluvionale del 25 e 26 ottobre 1954 che investì in maniera particolarmente violenta Salerno ed il suo hinterland. La sezione di Napoli del Servizio Idrografico ha pubblicato la registrazione delle precipitazioni orarie a partire dalle ore 13 del 25 fino alle 5 del 26 ottobre; l'altezza totale è risultata pari a 504,0 mm. In fig. 9 è rappresentato lo ietogramma delle piogge orarie del

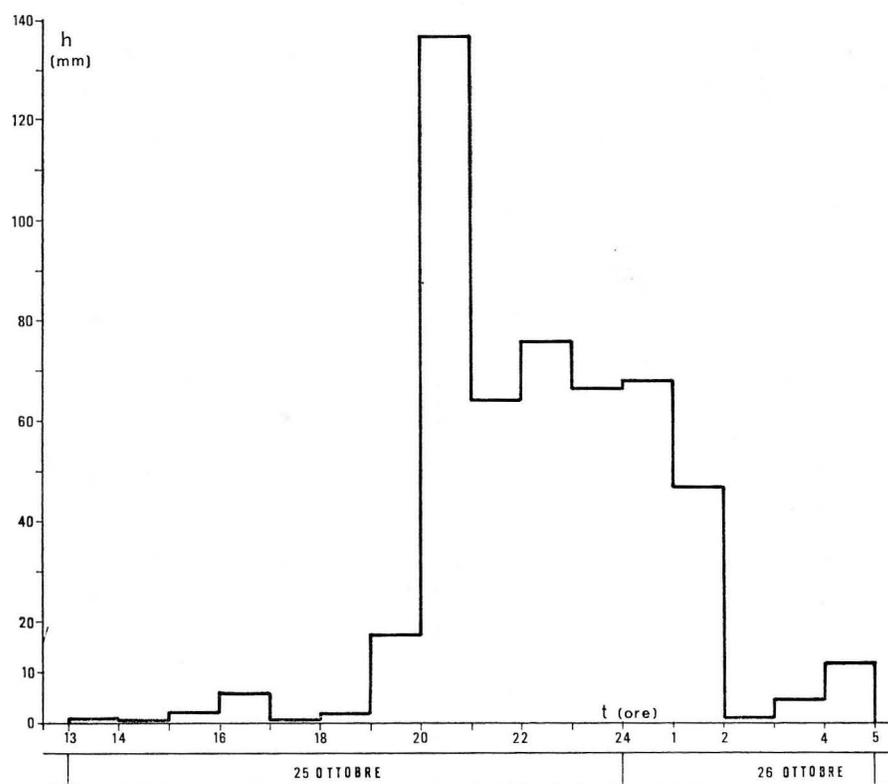


Fig. 9 - Ietogramma delle piogge orarie del 25 e 26 ottobre 1954.

25 e 26 ottobre. Nelle tabelle 4 e 4' sono riportati i valori osservati e le altezze cumulate in millimetri.

Come è facile osservare la massima precipitazione si è avuta tra le 20 e le 21 del 25, di poi i valori si sono mantenuti piuttosto elevati fino alle ore 2 del 26 ottobre.

I dati registrati sono stati cumulati in ordine crescente da 1 a 16 ore consecutive al fine di ottenere la legge di pioggia relativa all'evento in oggetto (curva segnalatrice di possibilità pluviometrica). L'equazione cercata è del tipo:

$$H = A T^n \quad (3)$$

in cui:

H = altezza di pioggia regolarizzata in mm

A = altezza di pioggia oraria iniziale di mm

T = durata in ore

n = esponente dell'equazione.

Con l'ausilio del calcolo logaritmico si è ottenuta l'equazione del tipo esponenziale.

$$H = 164,07 \cdot T^{0,46} \quad (4)$$

In fig. 10 è riportata, in diagramma logaritmico ore-millimetri di pioggia, la retta rispondente all'equazione cercata.

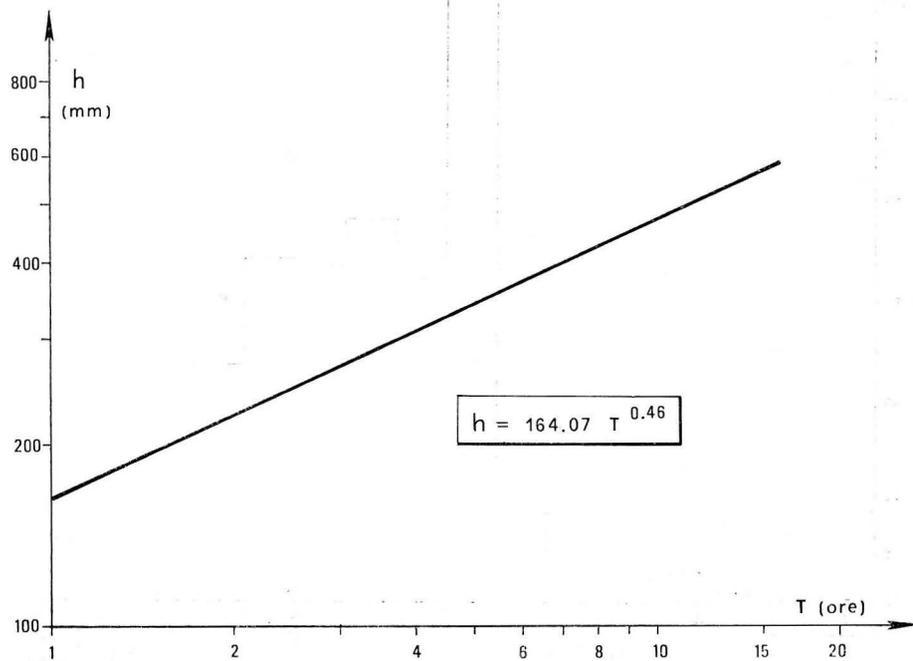


Fig. 10 - Legge di pioggia per l'evento alluvionale del 25 e 26 ottobre 1954.

Tab. 4 - ALTEZZE DI PIOGGIA ORARIA DEL 25 E 26 OTTOBRE 1954

ore Salerno	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5
millimetri	0.6	0.2	2.0	5.8	0.4	1.6	17.6	136.8	64.2	76.0	66.6	68.2	46.8	0.6	4.6	12.0

A

Tab. 4' - ALTEZZE DI PIOGGIA ORARIA CUMULATA

Durata in ore	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Altezza di pioggia cumulata in mm	136.8	201.0	277.0	343.6	411.8	458.6	476.2	477.8	481.4	493.4	495.0	495.4	501.2	503.2	503.4	504.0

B

Ponendo nell'equazione (4) i valori di  $T_c$  calcolati per le aree del bacino del Vallone Cernicchiara, si sono ottenuti i valori della tabella 5; che, disposti in diagramma ore-millimetri di pioggia, si dispongono secondo la curva di figura 11, la cui espressione analitica è sempre del tipo H

Tab. 5 - VALORI DEI PARAMETRI CONSIDERATI PER LA COSTRUZIONE DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA RAGGUAGLIATA ALLE AREE DEL VALLONE CERNICCHIARA

Area	Tempo di corrivaz. $T_c$ (sec)	Altezza di pioggia $h$ (mm)	Intensità oraria $i$ (m/H)
$A_1$	416.6	61.00	0.533
$A_2$	833.2	83.30	0.364
$A_3$	1249.8	100.45	0.301
$A_4$	1666.4	114.60	0.250
$A_5$	2083.0	127.00	0.221
$A_6$	2499.6	138.10	0.201
$A_7$	2916.2	148.10	0.185

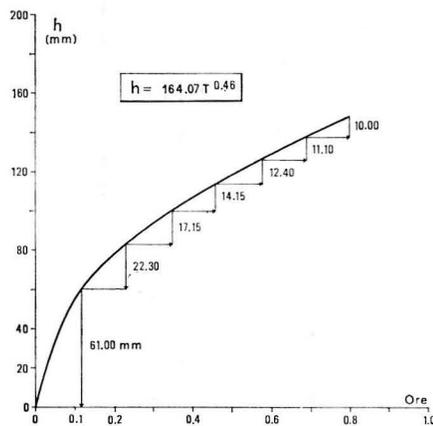


Fig. 11

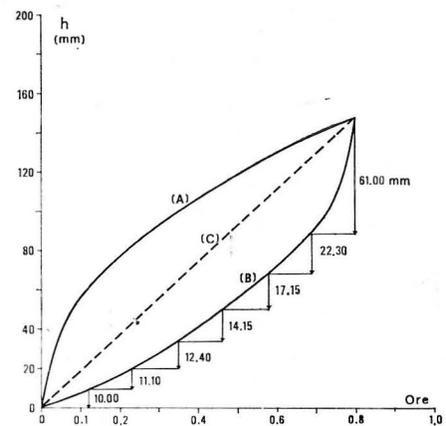


Fig. 12

Fig. 11 - Curva di possibilità pluviometrica ragguagliata alle aree del bacino del V. Cernicchiara.  
Fig. 12 - Possibili distribuzioni temporali delle precipitazioni sul bacino del V. Cernicchiara.

Come è però possibile desumere dalla fig. 9, l'intensità oraria della pioggia non è stata affatto costante e poiché la massima portata di piena dipende dalla distribuzione temporale delle piogge, risulterebbe impossibile prevedere l'effettiva distribuzione di probabilità delle portate massime. Pertanto è necessario scegliere diverse distribuzioni temporali delle precipitazioni, tutte però in accordo con il regime pluviometrico considerato. Tale regime viene sintetizzato dalla curva di possibilità pluviometrica.

Per quanto detto l'evento del 25 e 26 ottobre avrà avuto una distribuzione oraria compresa tra la curva di possibilità pluviometrica e quella che si ottiene ribaltando la (A) come rappresentato in fig. 12.

Bisogna osservare che la retta (C), per quanto detto, rappresenta quindi una precipitazione di intensità costante.

Sarà pertanto necessario calcolare una portata massima corrispondente alle 3 distribuzioni temporali indicate.

Per il Vallone Cernicchiara è risultato quindi:

$$Q_{\max (a)} = \frac{61250 \times 0.100 + 189375 \times 0.0111 + 322500 \times 0.0124 + 622500 \times 0.0141 + 419375 \times 0.0171 + 676250 \times 0.0223 + 203750 \times 0.0610}{416.6} = 120.0 \text{ m}^3/\text{sec.} \quad (5)$$

$$Q_{\max (b)} = \frac{61250 \times 0.0610 + 189375 \times 0.0223 + 322500 \times 0.0171 + 622500 \times 0.0141 + 419375 \times 0.0124 + 676.250 \times 0.0111 + 203750 \times 0.0100}{416.6} = 89.0 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (6)$$

$$Q_{\max (c)} = \frac{2.495.000 \times 0.1481}{2916} = 127.0 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (7)$$

Come si può vedere la portata al colmo può assumere valori diversi a seconda di come si ipotizza la distribuzione temporale di pioggia; pertanto il suo valore più attendibile sarà dato dalla media dei valori trovati:

$$Q_{\max} = \frac{120.0 + 89.0 + 127.0}{3} = 112.0 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (8)$$

Questo valore della portata non è però significativo in quanto non si è tenuto conto della naturale laminazione della piena nei collettori e nelle depressioni del reticolo e delle perdite per infiltrazione nelle dolomie permeabili per fratturazione.

È necessario quindi « abbattere » tale portata introducendo due parametri che contemplino il fenomeno idraulico e quello idrogeologico.

Per quanto riguarda la perdita per infiltrazione essa può essere espressa mediante il coefficiente di deflusso. Tenendo conto che il coefficiente di infiltrazione potenziale delle dolomie non è particolarmente alto (50%) e che pertanto si può contare su un esaurimento relativamente rapido delle loro capacità infiltrative, in concomitanza di eventi meteorici intensi, si è ritenuto di fissare, in accordo con gli autori francesi (4), (5), in 100 mm l'aliquota di pioggia necessaria per la totale saturazione del terreno. Un altro elemento che gioca un ruolo a favore della rapida saturazione del terreno, è opportuno ricordarlo, è dato dalla presenza della coltre piroclastica. Pertanto il coefficiente di deflusso varrà:

$$\phi = \frac{404.0}{504.0} = 0.8 \quad (9)$$

Il calcolo del coefficiente di laminazione invece risulta estremamente difficile e costituisce un ulteriore elemento di incertezza che si aggiunge a quelli connessi con la stima del coefficiente di deflusso e del tempo di corrivazione.

Tuttavia una indicazione sui valori da attribuire a quest'ultimo parametro si può ricavare utilizzando l'ipotesi di Giandotti secondo cui il rapporto tra il tempo di risalita ed il tempo di base dell'onda di piena sia funzione solo della superficie del bacino e, inoltre, che le onde abbiano forma triangolare. In virtù di questa ipotesi è valida la seguente relazione:

$$\bar{w} = \frac{t_b - t_c}{t_b} \quad (10)$$

dove:

$\bar{w}$  = rapporto tra volume di pioggia netta e l'invaso massimo del bacino.

$t_b$  = tempo di base dell'onda di piena.

$t_c$  = tempo di risalita dell'onda di piena.

A sua volta il rapporto  $\bar{w}$  è legato al coefficiente d'invaso dalla espressione:

$$\bar{w} = - \frac{\epsilon}{\ln(1 - \epsilon)} \quad (11)$$

Per bacini di modeste dimensioni Giandotti suggerisce un valore di  $\epsilon$  pari a 0,46.

Noti i coefficienti di invaso e quelli di deflusso, potremo calcolare la portata di piena al colmo, ricordando che:

$$Q = \phi \times \varepsilon \times Q_{\max} \quad (12)$$

Cioè:

$$Q = 0,8 \times 0,46 \times 112 \text{ m}^3/\text{sec} = 41,2 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (13)$$

Il valore così calcolato è dello stesso ordine di grandezza di quello trovato dalla Sezione di Napoli del Servizio Idrografico mediante formule empiriche ( $46 \text{ m}^3/\text{sec}$ ) (14).

È pertanto possibile verificare la validità del metodo di elaborazione proposto che, come già detto in precedenza, tiene in debito conto non solo parametri idrologici, frutto di complesse elaborazioni matematiche, ma anche l'assetto geomorfologico dell'area esaminata e l'evoluzione del fenomeno infiltrativo durante l'evento meteorico.

## 7. CONCLUSIONI

Le caratteristiche litologiche, morfologiche ed il grado di tettonizzazione del Vallone Cernicchiara sono tali da far considerare il bacino come rappresentativo di una situazione abbastanza frequente nell'ambito della dorsale calcareo-dolomitica appenninica.

Il grave fenomeno di alluvionamento che colpì il Vallone nell'ottobre 1954 e l'interesse pratico che riveste la valutazione della portata al colmo ha indotto ad affrontare l'argomento seguendo più di un criterio, ai fini di un opportuno confronto dei risultati ed in vista di verifiche da ottenere su base sperimentale. I risultati ottenuti adottando il metodo della corrivazione indicano in  $41 \text{ mc}/\text{sec}$  circa il valore della portata al colmo in concomitanza del nubifragio del 25 e 26 ottobre 1954. Questo valore, indubbiamente ragguardevole risulta leggermente inferiore a quello fornito dalla formula di Giandotti e deve considerarsi compatibile con la situazione geomorfologica, idrogeologica e meteorologica della zona, oltre che coerente con i gravissimi danni subiti dalla città di Salerno.

Naturalmente si è ben consci che la validità assoluta di tali risultati debba essere assunta con la dovuta cautela a causa della mancanza di dati sperimentali su bacini carbonatici i quali per la particolare struttura della roccia e per la morfologia che li contraddistingue si discostano in maniera più o meno incisiva da certe ipotesi previste dai metodi di calcolo usualmente impiegati.

Pur con tali limitazioni si è ritenuto di dover affrontare il complesso argomento anche in relazione all'importanza che esso riveste nei problemi di dinamica fluviale e più in generale di stabilità dei versanti che costituiscono attualmente temi di ricerca assai sentiti nell'ambiente scientifico ed in quello politico.

Napoli, maggio 1978

Istituto di Geologia Applicata - Facoltà di Ingegneria.

## BIBLIOGRAFIA

1. ACCORDI B. et altri (1969): *Idrogeologia dell'alto bacino del Liri (Appennino Centrale)*. Geologica Romana, 8 Roma.
2. BUTLER S. S. (1957): *Engineering hydrology*. Hal, Inc. Englewood Cliffs. N.J.
3. CANUTI P. - TACCONI P. (1971): *Cartografia idrogeologica: «Le unità idrogeomorfologiche» Osservazioni ed esempi nel bacino del F. Elsa*. Boll. Soc. Geol. It., vol. XC - Fasc. 4.
4. CASTANY G. (1967): *Traité pratique des eaux souterraines*. Dunod Paris.
5. CASTANY G. - MARGAT J. - ALBINET M. - DELLAROZIERE-BOUILLIN O. (1970): *Evaluation rapide des ressources en eaux d'une region*. Atti Congres. Int. sulle acque sotterranee. 6-8 dicembre Palermo ESA-AIH.
6. CELICO P. - CIVITA M. - MACCHI A. - NICOTERA P. (1977): *Il sistema idrogeologico dei monti calcareo-dolomitici di Salerno: idrodinamica, riserve globali e loro degradazione a seguito dello scavo della galleria ferroviaria S. Lucia*. Estratto da: Memorie e Note Istituto Geol Appl. - Napoli vol. XIII.
7. CIVITA M. (1973): *L'infiltrazione potenziale media annua nel massiccio carbonatico del Matese (Italia Meridionale)*. Atti 2° Conv. Int. sulle acque sotter. Palermo.
8. CIVITA M. - NICOTERA P. (1973): *Relazione di consulenza tecnica di parte per conto della Anstalt Opulenta e Fuerst*.
9. CIVITA M. (1975): *Criteri di valutazione delle risorse idriche sotterranee in regioni carsiche*. Atti del 3° Conv. Int. sulle acque sotter., Palermo 1-5 novembre 1975.
10. CIVITA M. - DE RISO R. - LUCINI P. - NOTA D'ELOGIO E. (1975): *Studio delle condizioni di stabilità dei terreni della Penisola Sorrentina (Campania)*. Estratto da Geologia Applicata e Idrogeologia. Bari - Vol. X - Parte I.
11. COLAUTTI D. (1976): *Relazioni statistiche sulla piovosità con applicazioni alla distribuzione pluviometrica a Trieste e nel Carso*. Atti e Memorie Soc. Alpina delle Giulie TS.
12. DRAMIS F. - GENTILI B. (1975): *La frequenza areale di drenaggio ed il suo impiego nella valutazione quantitativa dell'erosione lineare di superfici con caratteristiche omogenee*. Conv. S.G.I. - I.A.E.G. Bari, 10 ottobre 1975.
13. DRAMIS F. - GENTILI B. (1975): *Ricerche morfometriche nel bacino del Sentino*. Boll. Soc. Geol. It. vol. XCIV - Fasc. 6.
14. FROSINI P. (1955): *Il nubifragio di Salerno del 25-26 ottobre 1954*. Giornale del Genio Civile n. 5.
15. MAIONE U. (1977): *Appunti di idrologia - vol. 3 - La goliardica Pavese*.
16. MARCHETTI G. (1958): *Sulle massime portate di piena osservate nei corsi d'acqua italiani a tutto il 1953*. Giornale del Genio Civile n. 3-4.
17. MIN. LL.PP. - SERVIZIO IDROGRAFICO (1958): *Annali idrologici 1954. Parte seconda*. Poligrafico dello Stato.
18. MIN. LL.PP. - SERVIZIO IDROGRAFICO (1961): *Precipitazioni massime con durata da 1 a 5 giorni consecutivi per il trentennio 1921-50*. Pub. n. 25, fasc. IX - Poligrafico dello Stato.
19. SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1969): *Carta geologica d'Italia, scala 1:100.000 F. 185 (Salerno)*. Poligrafico e Cartevalori - Ercolano.
20. STRAHLER A. (1952): *Hypsometric (Area-Altitude) Analysis of erosional Topography*. Geol. Soc. Am. Bul., 63: 1117-1142 - New York.
21. TONINI D. (1959): *Elementi di Idrografia ed Idrologia - Vol. I*. Libreria Universitaria. Venezia.
22. VIPARELLI C. (1964): *Idrologia applicata all'Ingegneria*. Poligrafico editoriale Casoria (Napoli).

FINITO DI STAMPARE NEL NOVEMBRE DEL MCMLXXVIII  
NELLO STABILIMENTO « ARTE TIPOGRAFICA DI A. R. »  
VIA S. BIAGIO DEI LIBRAI - NAPOLI