

L'EVENTO METEORICO DEL 30 APRILE 2006 A ISCHIA

THE METEORIC EVENT OF 30th APRIL 2006 AT ISCHIA ISLAND, ITALY

ADRIANO MAZZARELLA(*) & EDUARDO DE LUISE(**)

(*) Osservatorio Meteorologico - Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Napoli Federico II - Largo S. Marcellino 10 - 80138 Napoli - Italy

(**) SESIRCA - Regione Campania, Napoli - Italy

RIASSUNTO

Alle 6.30 (ore solari) del 30 Aprile 2006, il versante settentrionale del massiccio del Monte di Vezzi, a Barano d'Ischia, è stato pesantemente interessato da una successione di eventi franosi che ha causato la morte di quattro persone. La quantità di pioggia registrata in tutto il 29 Aprile e nelle prime ore del 30 Aprile immediatamente prima dell'evento, in località Calitto di Forio d'Ischia, a circa 150 m di quota e a 6 km dall'evento franoso, ammonta ad appena 14 mm, con un'ulteriore caduta di pioggia di 16 mm, poche ore dopo la frana. Diversamente, le numerose e attendibili testimonianze di locali e di turisti, insieme a chiari segni di scorrimento e di ristagno d'acqua sul terreno, suggeriscono che la pioggia effettivamente caduta nelle vicinanze del Monte di Vezzi sia stata molto intensa e che non sia stata misurata semplicemente per l'assenza di strumenti registratori. Inoltre, l'analisi delle mappe del geopotenziale a 500 hPa e delle immagini da satelliti nell'infrarosso e nel visibile evidenziano l'elevato carattere convettivo delle precipitazioni cadute su Ischia il 29 e il 30 Aprile 2006, tipico di rovesci intensi localizzati. Non è insolito, perciò, che regioni geografiche poste a pochi chilometri di distanza possano registrare quantitativi di pioggia considerevolmente differenti. L'isola d'Ischia è stata devastata più volte da eventi franosi distruttivi dovuti ad improvvisi slittamenti della sua copertura piroclastica, connessi a terremoti, eruzioni, mareggiate e piogge. La copertura piroclastica di spessore variabile interferisce in modo complesso con la roccia sottostante, prevalentemente di natura alcalitrichitica e sedimentaria, in funzione del suo contenuto in acqua molto correlato non solo alle piogge cadute alcuni giorni prima dell'evento ma anche alle piogge cadute in un periodo sufficientemente lungo prima dell'evento. A causa della complessa orografia dell'isola, il regime pluviometrico d'Ischia è molto particolare con il versante di Nord Est molto più piovoso degli altri, per cui, l'unico modo per dare un contributo alla mitigazione dell'elevato rischio idrogeologico è quello di installare una efficiente rete di monitoraggio pluviometrico sufficientemente densa per registrare anche i rovesci più localizzati.

TERMINI CHIAVE: Isola d'Ischia, pioggia, frana

L'EVENTO METEORICO DEL 30 APRILE 2006

Nei giorni 28, 29 e 30 Aprile 2006, l'intero golfo di Napoli è stato interessato da piogge continue anche se di modesta entità e alle 6.30

ABSTRACT

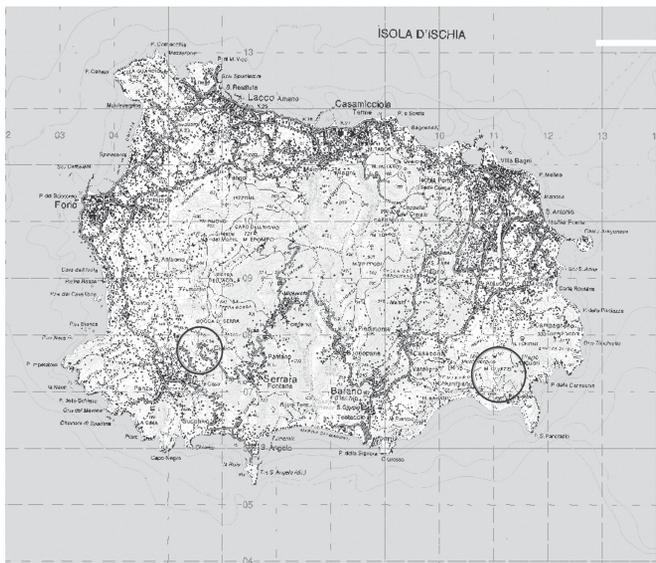
At 6.30 (solar hours) of 30th of April 2006, the northern slope of Monte di Vezzi, at Barano d'Ischia, was strongly affected by a succession of landslide events causing four victims. Barely 14 mm of rain fell on 29th and 30th April, immediately before the landslide event, as recorded by the meteorological station at Forio d'Ischia (contrada Calitto, at 150 m asl) 6 km away from the landslide. Some hours after the landslide, the station also monitored rainfall of 16 mm. However, the many reliable testimonies of both residents and tourists as well as clear signs of sliding and stagnation of water suggest that the effective rain falling around Monte di Vezzi was very intense and not recorded simply due to the lack of monitoring stations. Indeed, analysis of 500 hPa geopotential maps and of infrared and visible satellite images show the Southern Tyrrhenian sea broadly influenced by strong convective phenomena, able to generate intense but localized storms. The island of Ischia has been frequently devastated by landslides caused by sudden movements of its pyroclastic mantle that interacts with its alcalitrichitic and sedimentary bed in a complex way depending on its water content, broadly related to rainfall immediately prior to the event and to rain falling over a sufficiently long interval before the event. The complex orography of the island is responsible for a different rainfall regime, with the north-eastern sector more rainy overall than others. Thus the only way to mitigate the high hydrogeological risk at Ischia lies in the installation of a dense network of strategically distributed rain monitoring stations.

KEY WORDS: Ischia island, rainfall, landslide

THE RAINFALL EVENT OF 30TH APRIL 2006

Quasi-continuous but light rainfall occurred from 28th to 30th April 2006 in the entire Bay of Naples; at 6.30 (solar hours) of 30th

(ore solari) del 30 Aprile 2006, sul versante settentrionale del massiccio del Monte di Vezzi, a Barano d'Ischia (Fig.1), si sono originati quattro eventi franosi che hanno causato la morte di quattro persone e danni a molte abitazioni. Per determinare la eventuale connessione degli eventi franosi con la pioggia, sono state analizzate le precipitazioni registrate presso la stazione sita in località Calitto di Forio d'Ischia (Fig. 1) presso l'Azienda vinicola D'Ambra, a circa 150 m di quota e a circa 6 km dall'evento. La stazione è stata installata nel Novembre 2001 dal Centro Agrometeorologico Regionale, struttura incardinata funzionalmente nel Settore S.I.R.C.A. dell'Assessorato all'Agricoltura



ed alle Attività Produttive della Regione Campania. La quantità di pioggia registrata nell'intera giornata del 29 Aprile e nelle ore del mattino del 30 Aprile prima dell'evento delle ore 6.30 ammonta ad appena 14 mm, con una ulteriore caduta di 16 mm qualche ora dopo l'evento (Fig. 2). La funzionalità del pluviometro è stata verificata personalmente da uno degli autori che si è portato sul posto, il giorno dopo l'evento. Diversamente, le numerose e attendibili testimonianze di locali e di turisti e chiari segni di scorrimento e di ristagno di acqua sul terreno suggeriscono che la pioggia effettivamente caduta nelle vicinanze del Monte di Vezzi sia stata molto intensa e localizzata e che non sia stata misurata semplicemente per l'assenza di strumenti registratori.

LE MAPPE SINOTTICHE DEL 29 E 30 APRILE 2006

Nelle figure 3 e 4 sono riportate le carte delle isobare osservate al suolo alle ore 0.00 (UTC) dei giorni 29 e 30 Aprile 2006, così come pubblicate dal Meteorological Office di Bracknell (<http://www.wetterzentrale.de>). Le carte del tempo evidenziano un'ampia cella ciclonica di 1008 hPa, con un minimo sul golfo ligure, che insiste sull'intera penisola per tutti e due i giorni. L'assenza di fronti e di linee di instabilità permette di stabilire che, nei giorni 29 e 30 Aprile 2006, l'intera Penisola è stata interessata da una debole circolazione depressionaria

April, the northern slope of Monte di Vezzi at Barano d'Ischia (Fig. 1) experienced four successive landslides, causing four victims and damage to many buildings. We analysed the rainfall monitored by the station at Forio d'Ischia (contrada Calitto: 150 m asl) (Fig. 1) installed in November 2001 by the Regional Agrometeorological Centre (SESIRCA) inside the D'Ambra winery. The station is 6 km away from the landslide; the rainfall recorded throughout 29th April and in the hours immediately before the 6.30 event was barely 14 mm, with a further shower of 16 mm occurring 2 hours after the event (Fig. 2). The reliability of the monitoring station was direct-

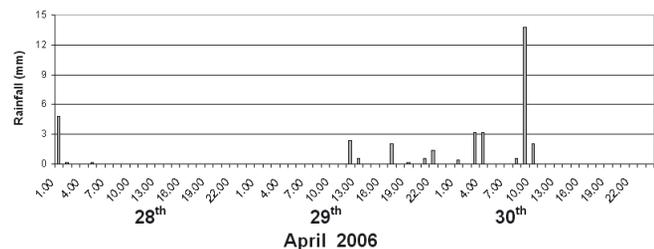


Fig. 2 - Pioggia oraria registrata a Forio d'Ischia (contrada Calitto) dal 28 al 30 Aprile 2006
- Hourly rainfall recorded at contrada Calitto at Forio d'Ischia from 28th to 30th April 2006

Fig. 1 - Mappa dell'isola d'Ischia; i cerchi racchiudono la contrada di Calitto a Forio d'Ischia, sul versante Sud Ovest dell'isola, dove è installata la stazione meteorologica e il massiccio di Monte di Vezzi, sul versante Sud Est, dove sono avvenute le frane il 30 Aprile 2006
- Map of Ischia; the circles indicate the meteorological station at contrada Calitto in Forio d'Ischia, in the south-western sector of the island, and the landslides occurred on 30th April 2006 around Monte di Vezzi at Barano d'Ischia, in the south-eastern sector of the island

ly verified by one of the authors the day after the event. However, the many reliable testimonies of both residents and visitors as well as clear signs of sliding and stagnation of water suggest that rain fell intensely around Monte di Vezzi and was not recorded simply due to the lack of monitoring stations.

THE SYNOPTIC MAPS OF 29TH AND 30TH APRIL 2006

The figures 3 and 4 show the maps of isobars observed at ground level at 0.0h (UTC) of 29th and 30th April 2006, as published by the United Kingdom Meteorological Office (<http://www.wetterzentrale.de>). The weather maps show a large cyclonic cell of 1008 hPa, with a minimum centred on the Ligurian gulf and persisting over the entire peninsula for both days. The absence of fronts and instability lines indicates that, on 29th and 30th April 2006, all Italy was affected by a weak cyclonic circula-

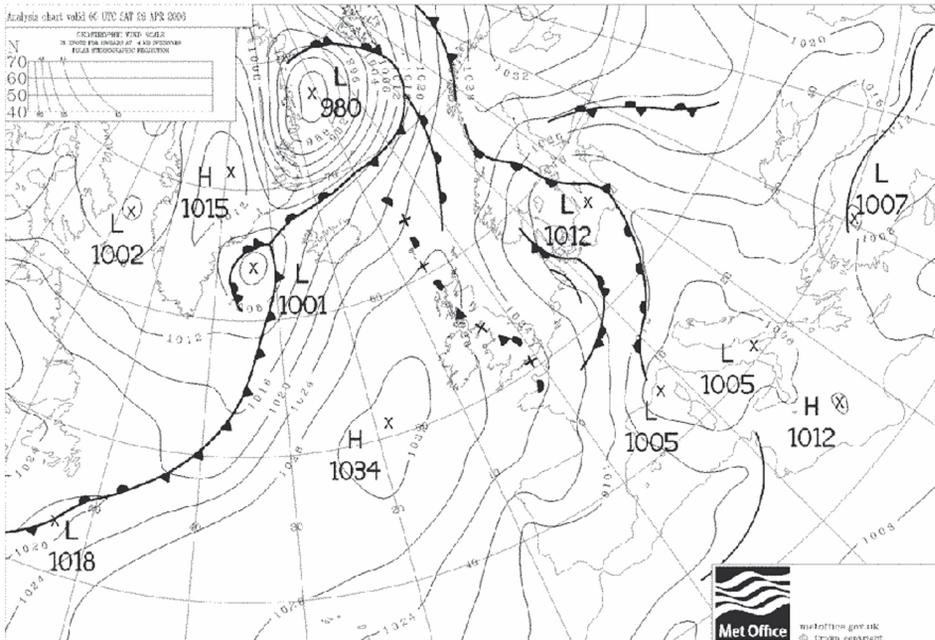


Fig. 3 - Carta del tempo al suolo con la rappresentazione delle isobare e dei fronti, relativa alle ore 0 (UTC) del 29 Aprile 2006
 - Surface weather chart with the isobars and fronts observed on 29th April 2006, at 0 hour (UTC)

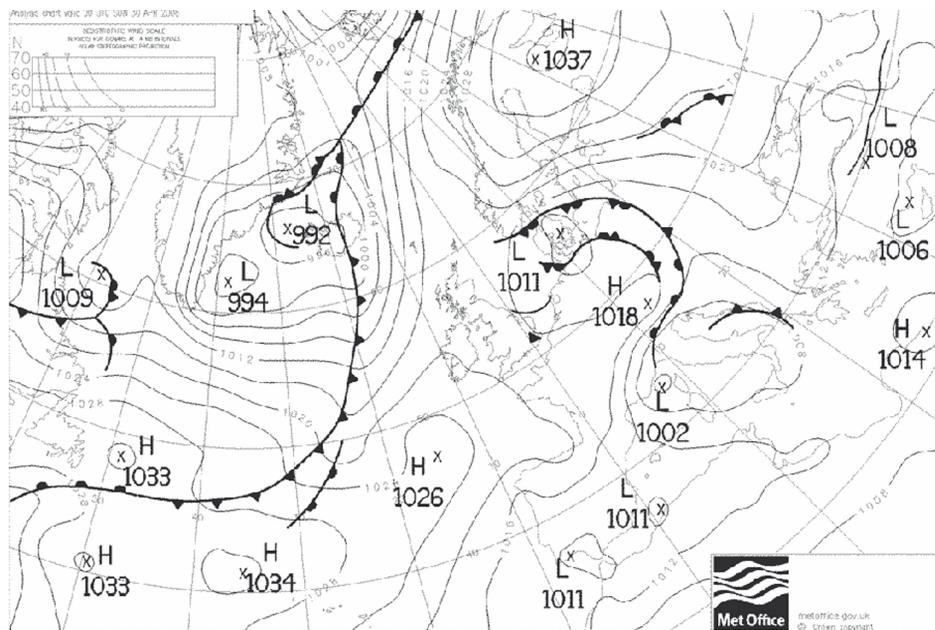


Fig. 4 - Carta del tempo al suolo con la rappresentazione delle isobare e dei fronti, relativa alle ore 0 (UTC) del 30 Aprile 2006
 - Surface weather chart with the isobars and fronts observed on 30th April 2006, at 0 hour (UTC)

che ha richiamato aria umida dalle zone circostanti con piogge moderate e venti deboli. L'analisi dell'intensità e della direzione del vento registrato presso l'Osservatorio Meteorologico dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, largamente rappresentativo del vento sull'intero golfo di Napoli, mostra che il vento spirato nei giorni 29 e 30 Aprile 2006 è stato debole, di direzione variabile e con leggera dominanza da Sud Est (Fig. 5). L'analisi delle precipitazioni è stata pure condotta su altre stazioni pluviometriche locate all'interno del golfo di Napoli, nelle vicinanze dell'isola d'Ischia ed appartenenti alla rete meteorologica dell'Università degli Studi di Napoli Federico II. Nella

tion attracting moisture from neighbouring areas and generating weak rainfall and winds. Analysis of winds recorded at the Meteorological Observatory of University of Naples Federico II, representing wind conditions over the entire Bay of Naples, shows that wind intensity on 29th and 30th of April 2006 was weak and variable, with a slight dominance from the south-east (Fig. 5). Further rainfall analysis was also performed on data from the available monitoring stations within the Bay of Naples, near Ischia island, and belonging to the meteorological network of the University of Naples Federico II.

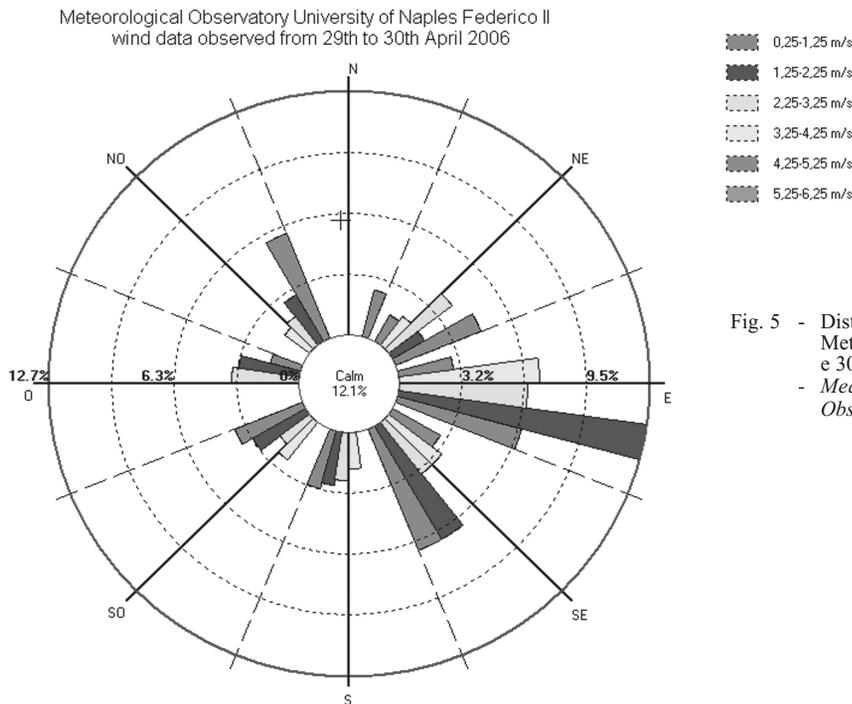


Fig. 5 - Distribuzione media del vento registrato presso l'Osservatorio Meteorologico dell'Università di Napoli Federico II nei giorni 29 e 30 Aprile 2006
- Mean distribution of wind observed at the Meteorological Observatory of Naples University on 29th and 30th April 2006

Stations	28 th April	29 th April	30 th April (before the Ischia landslide event)	30 th April
Forio d'Ischia	5.2 mm	7.2 mm	6.8 mm	23.2 mm
Procida	2.4 mm	11.6 mm	3.2 mm	3.2 mm
Ischitella	7.6 mm	4.0 mm	21.8 mm	27.0 mm
Agnano	11.4 mm	14.0 mm	0.2 mm	0.6 mm
Cuma	12.4 mm	13.6 mm	0.0 mm	2.0 mm

Tab. 1

tabella 1 sono riportati i valori di pioggia misurati nei giorni 28, 29 e 30 Aprile 2006, a Forio d'Ischia, Procida, Ischitella, Agnano e Cuma.

Dalla tabella 1 emerge che le piogge registrate in tutte e 5 le stazioni non sono state eccezionali e che, in particolare, le piogge misurate il giorno 30 Aprile, prima dell'evento franoso, ad Ischitella e a Cuma, distanti fra loro circa 10 km, sono molto diverse, a supporto della variabilità della pioggia quando è di tipo fortemente convettivo.

Il geopotenziale medio a 500 hPa per i giorni 29 e 30 Aprile 2006, disponibile in rete presso il sito della NOAA, mostra la presenza di aria relativamente fredda a 6000 m di quota sul basso Tirreno, compatibile con lo sviluppo di fenomeni convettivi di tipo temporalesco nell'area dell'isola d'Ischia. Le immagini delle nubi da satellite delle ore 10.30 (UTC) dei giorni 29 e 30 Aprile 2006, disponibili in rete presso il sito della NOAA, mostrano uno sviluppo di nubi associate ad intensa attività convettiva a sviluppo verticale, evidente sia nella banda dell'infrarosso che nella banda del visibile. Nel giorno 29 le precipitazioni nel basso Tirreno appaiono più diffuse, mentre nel giorno 30 si rivelano in forma più isolata con uno sviluppo di un nucleo temporalesco, molto localizzato, proprio in prossimità dell'isola di Ischia.

The rainfall recorded at Forio d'Ischia, Procida, Ischitella, Agnano and Cuma, on 28th, 29th and 30th April 2006, as reported in table 1, shows that the rainfall was not exceptional and that, in particular, prior to the Ischia landslide event the rainfall on 30th April differed greatly on the mainland at Ischitella and Cuma, only 10 km apart. This supports the large areal variability of rainfall when it is of a convective type.

The daily mean maps of 500 hPa geopotential for 29th and 30th April 2006 over the Mediterranean basin, available on the NOAA Web site, evidence the Southern Tyrrhenian sea affected by relatively cold air, at 6000 m in altitude, compatible with the development of convective phenomena on Ischia island. The satellite cloud images of the Mediterranean basin at 10.30 hours (UTC) of 29th and 30th April 2006 in the infrared and visible range, respectively, available from the NOAA Web site, show clouds associated to intense convective activity with vertical development; showers and thunderstorms in the Southern Tyrrhenian on 29th April are more widespread than those observed on 30th April, when rainfall was more isolated, with a development of more localized storms near Ischia.

CARATTERIZZAZIONE PLUVIOMETRICA DELL'ISOLA D'ISCHIA

La pluviometria dell'Isola d'Ischia è stata ottenuta dai lavori del MENNELLA (1946, 1959), insigne climatologo Ischitano, sulla base delle sue elaborazioni effettuate presso le seguenti stazioni di monitoraggio, funzionanti in intervalli diversi:

- Casamicciola, sul versante Nord dell'Isola, a ridosso dell'Epomeo, sulla sommità della collina della Sentinella ad una quota di 126 m sul mare, esposta ai venti del I e del IV quadrante e parzialmente a quelli del III quadrante e funzionante nei periodi 1898-1901 e 1927-1942;
- Porto d'Ischia, sul versante Nord Est dell'isola, esposta ai venti del I quadrante e funzionante nei periodi 1888-1897 e 1903-1926;
- Punta Imperatore, sul promontorio omonimo, sul versante Sud Ovest dell'Isola, ad una quota di 234 m sul mare, completamente esposta ai venti del II, III e IV quadrante e funzionante dal 1922 al 1945.

I totali di pioggia mensili e annuali, così come misurati dal Mennella, sono riportati nella tabella 2.

Dalla tabella 2 emerge che la stazione del Porto, sul versante Nord Est dell'isola, è più piovosa di circa il 45% rispetto alla stazione di Punta Imperatore sul versante di Sud Ovest e di circa il 15% rispetto alla stazione di Casamicciola sul versante settentrionale. Il particolare regime pluviometrico dipende, secondo MENNELLA (1946) dalla complessa orografia dell'isola con rilievi isolati, non sufficientemente elevati per generare precipitazioni sul versante sopravvento. Il monte Epomeo, con la sua forma subconica ed altezza moderata (789 m), non riesce a contrastare le correnti d'aria provenienti dal II e III quadrante e provocarne la condensazione, ma è in grado di innalzarle di modo che il processo di condensazione raggiunga il suo sviluppo sulla verticale dell'isola e determini una caduta maggiore di pioggia sul versante di Nord Est.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Porto (mm)	122.9	96.7	80.6	77.5	36.9	23.2	24.5	19.3	76.3	146.4	133.1	141.4	978.8
Casamicciola (mm)	113.3	83.9	67.7	42.1	49.6	20.9	7.6	26.0	75.3	101.9	128.0	140.6	856.9
Punta Imperatore (mm)	87.9	80.4	58.2	36.0	28.5	15.6	6.2	18.2	58.5	77.7	107.3	109.6	684.1

Tab. 2

LA CRITICA STABILITÀ DELLA COLTRE PIROCLASTICA AD ISCHIA

L'isola d'Ischia è un'isola vulcanica ricoperta da una coltre piroclastica prodotta dalle eruzioni che si sono susseguite nell'arco della sua storia vulcanica; eventi franosi distruttivi per improvvisi slittamenti della copertura piroclastica causati da terremoti, eruzioni, mareggiate e piogge hanno devastato più volte l'isola (DEL PRETE & MELE, 2006). La copertura piroclastica di spessore variabile interferisce in modo complesso con la roccia sottostante, prevalentemente di natura alcalitrichitica e sedimentaria, e dipende soprattutto dal suo contenuto di acqua che, a sua volta, è fortemente influenzato non solo dalle piogge cadute alcuni giorni prima dell'evento franoso ma anche da quelle cadute in un periodo sufficientemente lungo prima dell'e-

RAINFALL REGIME OF ISCHIA

The rainfall regime of Ischia island was obtained from the papers of MENNELLA (1946; 1959), a climatologist from Ischia, who processed the meteorological data from the following monitoring stations, located at strategic sites on Ischia though operative in different intervals:

- Casamicciola, located on the Sentinella hill at 126 m asl, in the northern sector of Ischia, near Mt. Epomeo, exposed to the winds of sectors I and IV and partly to those of sector III, and operative in intervals 1898-1980 and 1927-1942;
- Porto d'Ischia in the north-east of the island, exposed to sector I winds and operative in intervals 1888-1897 and 1903-1926;
- Punta Imperatore promontory, in the south-west of the island at 234 m asl, completely exposed to winds of sectors II, III and IV, and operative from 1922 to 1945.

Climatological analysis of all three stations, reported in table 2, shows that the Porto station in the north-east of the island is about 45% wetter than Punta Imperatore in the south-west and about 15% wetter than Casamicciola in the north. According to Mennella (1946), the causes of such a particular rainfall regime lie in the complex orography of the island and Mt. Epomeo (789 m asl), which is not sufficiently high to oppose the prevailing air current from sectors II and III and to generate rainfall on the upwind side of the island. By contrast, the quasi-conical shape of Mt. Epomeo forces air currents upward and promotes condensation in the north-eastern sector of the island.

THE CRITICAL STABILITY OF THE PYROCLASTIC MANTLE AT ISCHIA

Ischia is a volcanic island covered by a pyroclastic mantle caused by the historical succession of its eruptions; landslides caused by sudden movements of the pyroclastic mantle owing to earthquakes, volcanic eruptions, sea floods and rainfall have frequently devastated the island (DEL PRETE & MELE, 2006). The pyroclastic mantle is of variable depth and interacts with its alcalitrichitic and sedimentary bed in a complex way depending on its water content, broadly related to rain falling some days immediately before the event and within a sufficiently long interval before the event (MAZZARELLA & DIODATO, 2002a; 2002b). Table 3 shows yearly total rainfall, with the number of rainy days, recorded at the Forio d'Ischia station, opera-

Anno / Year	2005	2004	2003	2002
Pioggia cumulata (mm) Total rainfall (mm)	1244.9	885.1	405.6	412.2
Numero di giorni piovosi Number of rainy days	138	137	98	113

Tab. 3

vento (MAZZARELLA & DIODATO, 2002a; 2002b). Nella tabella 3 sono riportati i totali annuali di pioggia, con i relativi giorni piovosi, così come misurati dalla stazione di Forio d'Ischia, dal 2002.

Dalla tabella 3 emerge che la pioggia caduta a Forio d'Ischia nel 2005 è stata maggiore di circa il 40% di quella caduta nel 2004, anche se con un ugual numero di giorni piovosi, e tre volte maggiore di quella caduta nel 2003 e 2002. La tabella 3, inoltre, mostra che il numero di giorni piovosi del 2003 e del 2002 è minore del 40% e del 20%, rispettivamente, di quello del 2005. Nella tabella 4 sono riportati i totali mensili di pioggia caduta a Forio d'Ischia ed i relativi giorni di pioggia progressivamente cumulati da Aprile di ciascun anno fino a Novembre dell'anno precedente.

tive from 2002.

It appears that the rainfall at Forio d'Ischia in 2005 was about 40% greater than that in 2004, albeit with the same number of rainy days, and three times greater than that in 2003 and in 2002. Table 3, moreover, shows that the number of rainy days occurring in 2003 and in 2002 was 40% and by 20% lower, respectively, than that in 2005. Table 4 shows the Forio d'Ischia monthly rainfall data and the relative rainy days progressively cumulated from April of each available year to November of the preceding year.

April 2006	April 2005	April 2004	April 2003	April 2002
59.2 mm in 16 days	100.8 mm in 11 days	100.2 mm in 18 days	19.8 mm in 10 days	29.4mm in 14 days
(March + April) 2006	(March + April) 2005	(March + April) 2004	(March + April) 2003	(March + April) 2002
(59.2+144.8)mm = 204.0 mm in 31 days	(100.8+93.3)mm= 194.1mm in 28 days	(100.2 + 136.8)mm = 237.0mm in 33 days	(19.8 +7.0)mm = 26.8 mm in 18 days	(29.4 +22.8) mm= 52.2 mm in 19 days
(February + March + April) 2006	February + March + April) 2005	(February + March + April) 2004	(February + March + April) 2003	(February + March + April) 2002
(204.0+85.4) mm = 289.4 mm in 45 days	(194.1+194.4) mm= 388.5mm in 45 days	(237.0+59.4)mm= 296.4 mm in 48 days	(26.8+19.2)mm = 46.0 mm in 26 days	(52.2+29.6)mm = 81.8 mm in 29 days
(January + February +March + April) 2006	(January + February +March + April) 2005	(January + February +March + April) 2004	(January + February +March + April) 2003	(January + February +March + April) 2002
(289.4+84.8) mm = 374.2 mm in 57 days	(388.8+118.8) mm= 507.3 mm in 54 days	(296.4+70.9) mm = 367.3 mm in 61 days	(46.0+50.6) mm = 96.6 mm in 40 days	(81.8+39.0) mm = 120.8 mm in 37 days
December 2005 + (January + February + March + April) 2006	December 2004 + (January +February + March + April) 2005	December 2003 + (January + February + March +April) 2004	December 2002 + (January + February + March + April) 2003	December 200 + (January + February + March + April) 2002
(374.2+261.4) mm = 635.6 mm in 76 days	(507.3+182.0) mm = 689.3 mm in 70 days	(367.3+98.6) mm= 465.9 mm in 52 days	(96.6+93.6) mm= 190.2mm in 61 days	(120.8+78.6) mm = 199.4 mm in 48 days
(November +December) 2005 + (January + February + March + April) 2006	(November +December) 2004 + (January + February + March + April) 2005	(November + December) 2003 + (January + February + March + April) 2004	(November + December) 2002 + (January + February + March + April) 2003	(November + December) 2001 + (January + February + March + April) 2002
(635.6+169.6) mm = 805.2 mm in 96 days	(689.3+141.6) mm = 830 mm in 85 giorni	(1465.9+55.6) mm = 521.5 mm in 64 days	(190.2 + 23.6) mm = 213.8 mm in 75 days	(199.4 +107.8) mm = 307.2 mm in 64 days

Tab. 4

Dalla tabella 4 emerge che il mese di Aprile 2006 è molto più asciutto dei corrispondenti Aprile 2005 e 2004 e con una quantità di pioggia concentrata soprattutto nell'ultima decade, immediatamente prime dell'evento franoso; ma man mano che il processo di cumula-

It appears that the April 2006 is much drier than April 2005 and April 2004, with rainfall almost concentrated within the last decade, immediately before the landslide. However, when the rainfall cumulation process is completed for the six preceding months, then the

zione della pioggia è completato sui sei mesi precedenti, si può notare che la pioggia caduta nei semestri compresi fra Novembre 2005 e Aprile 2006 e fra Novembre 2004 e Aprile 2005 risulta maggiore del 35%, 70%, e 60% rispetto alla pioggia caduta nei corrispondenti semestri compresi fra Novembre 2003 e Aprile 2004, Novembre 2002 e Aprile 2003 e Novembre 2001 e Aprile 2002. Il numero di giorni piovosi capitati nel semestre compreso fra Novembre e Aprile (uguale a 96 per il 2006 e a 85 per il 2005) è maggiore del 25% di quello capitato nel 2004, 2003 e 2002; ancora giova ricordare i due grossi rovesci di 59 mm e di 68 mm, occorsi l'8 dicembre 2005 e il 10 marzo 2006, rispettivamente, e gli 11 giorni di pioggia consecutivi, dal 24 dicembre al 4 gennaio 2006, responsabili di 121 mm di pioggia. Noi pensiamo che il particolare regime della pioggia caduta ad Ischia da Novembre 2005 ad Aprile 2006 e da Novembre 2004 ad Aprile 2005 sia stato responsabile del notevole accrescimento del contenuto d'acqua all'interno del mantello piroclastico che poi fu determinante per il triggering della frana da parte dell'evento meteorologico del 30 Aprile 2006.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La complessa orografia dell'isola d'Ischia è responsabile del diverso regime delle precipitazioni con il versante di Nord Est, di gran lunga più piovoso rispetto a quello di Sud Ovest e a quello settentrionale. Le mappe delle isobare osservate al suolo dei giorni 29 e 30 Aprile mostrano che sull'intero bacino del Mediterraneo è stata presente un'ampia cella ciclonica che ha richiamato aria umida dalle zone circostanti ma con piogge deboli e scarsa ventilazione, come confermato dai dati di pioggia misurati a Forio d'Ischia e in punti di rilevamento posti nelle immediate vicinanze quali Procida, Ischitella, Agnano e Cuma e dai dati di ventosità misurati presso l'Osservatorio Meteorologico dell'Università di Napoli. Le testimonianze attendibili di persone del posto, i numerosi segni di scorrimento e di ristagno lasciati dalla pioggia sul terreno, le mappe del geopotenziale a 500 hPa e le immagini da satellite nell'infrarosso e nel visibile sembrano indicare, però, che la pioggia caduta intorno al Monte di Vezzi, subito prima dell'evento franoso, sia stata molto intensa e che non sia stata misurata semplicemente per mancanza di strumenti registratori posizionati al posto giusto. Ad ulteriore conferma del carattere estremamente localizzato della pioggia caduta il 29 e il 30 Aprile, giova ricordare che il pluviometro di Ischitella ha misurato il giorno 30 Aprile 2006, nelle 6.5 ore prima dell'evento, un totale di pioggia pari a 21.8 mm, mentre il pluviometro di Cuma, distante appena 10 km, non ha misurato alcuna quantità di pioggia. Una analisi dettagliata dei dati di pioggia misurati dalla stazione di Forio D'Ischia da novembre 2001 mostra che: a) la pioggia caduta nel 2005 è stata maggiore del 40% di quella caduta nel 2004 e tre volte maggiore di quella caduta nel 2003 e nel 2002; b) Aprile 2006 è stato più secco di Aprile 2005 e che i semestri Novembre 2005-Aprile 2006 e Novembre 2004-Aprile 2005 sono stati molto più piovosi degli stessi semestri degli anni precedenti. La copertura piroclastica che ricopre l'intera isola interferisce con la pioggia e con la roccia sottostan-

rainfall in the six months from November 2005 to April 2006 and from November 2004 to April 2005 is 35%, 70% and 60% greater than that falling in the corresponding six-month period from November 2003 to April 2004, from November 2002 to April 2003 and from November 2001 to April 2002. The number of rainy days occurring in the six months from November to April (96 for 2006 and 85 in 2005) is 25% greater than that measured in 2004, 2003 and 2002; again, it is worth recalling the two showers of 59 mm and 68 mm, occurring on 8th December 2005 and 10th March 2006, respectively, and the 11 consecutive rainy days occurring from 24th December 2005 to 4 January which accounted for 121 mm of rainfall. We think that the particular rainfall regime occurring on Ischia from November 2005 to April 2006 and from November 2004 to April 2005 led to the large increase in water content inside the pyroclastic mantle that triggered the landslide caused by the meteorological event of 30th April 2006.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The complex orography of Ischia is responsible for the different rainfall regime whereby the north-eastern sector is considerably wetter than the southwestern one. The maps of isobars observed at the surface on 29th and 30th April 2006 show the entire Mediterranean basin affected by a large cyclonic cell attracting wet air from neighbouring areas, resulting in light rain and wind, as confirmed by rainfall data measured at Forio d'Ischia and at many other nearby sites Bay of Naples and wind data measured at the Meteorological Observatory of the University of Naples, representing wind conditions in the whole bay. According to the eye-witness reports of residents and visitors alike, the clear signs of sliding and ponding, and the available 500 hPa geopotential maps and infrared and visible satellite images, suggest that the rain actually falling around Monte di Vezzi before the landslide was intense and failed to be measured simply owing to the absence of monitoring stations. The localized nature of the rainfall in the early hours of 30th April 2006 over the Bay of Naples before the Ischia landslide is further evidenced by the different rainfall measured at Ischitella (21.8 mm) and at Cuma, barely 10 km away, where no rainfall was measured. Detailed analysis of the rainfall data from the Forio d'Ischia monitoring station, operative from November 2001, shows that: a) the rainfall in 2005 was 40% higher than that in 2004 and three times higher than that in 2003 and 2002; b) April 2006 was drier than April 2005 and that the six-month periods from November 2005 to April 2006 and November 2004 to April 2005 were much wetter than the same period in previous years. This particular rainfall regime is here considered responsible for the landslide at Monte di Vezzi of 30th April 2006. Indeed, the pyroclastic layer that covers the entire island interacts with the underground rock in a way directly proportional to its water content, and the large amount of rainfall around Monte di Vezzi on the 30th April 2006 was able to

te in modo direttamente proporzionale al suo contenuto d'acqua, per cui risulta molto probabile che la frana del 30 Aprile 2006 sia stata determinata da una notevole quantità di pioggia caduta nelle vicinanze del Monte di Vezi che ha innescato lo scivolamento della copertura piroclastica già fortemente saturata dalle piogge soprattutto del semestre precedente. Risulta, quindi, indispensabile per una corretta mitigazione del rischio idrogeologico, l'installazione di una rete di stazioni di monitoraggio sull'isola d'Ischia, posizionate in maniera strategica in modo da poter registrare quei fenomeni localizzati e temporaleschi che saranno sempre più frequenti sull'isola d'Ischia a causa delle accertate variazioni climatiche sull'area del Mediterraneo (MAZZARELLA, 2000). Tutti i tentativi fisico-matematici per rendere efficiente una rete di monitoraggio di poche stazioni sono destinati miseramente a fallire, perché una risoluzione areale insufficiente non potrà mai essere resa adeguata da pur ingegnosi algoritmi matematici: una legge fondamentale della teoria delle informazioni stabilisce che "il computer non sarà mai in grado di costruire informazioni" (BRILLOUIN, 1962). In meteorologia l'unico modo per ottenere informazioni è fare misure accurate e in siti strategici (MAZZARELLA & TRANFAGLIA, 2000).

trigger the movement of the pyroclastic cover already largely moistened by the rain of the previous six months. For sound mitigation of hydrogeological risk, it is important to install a network of strategically located monitoring stations on Ischia, positioned so as to measure the localized storms that tend to increase in time due to ascertained climatic changes in the Mediterranean area (MAZZARELLA, 2000).

All the physical and mathematical efforts to overcome the network weakness are doomed to fail from the start. Inadequate network resolution could never be recovered by mathematical ingenuity: a basic law of information theory states that "computers cannot manufacture new information" (BRILLOUIN, 1962). In meteorology the only way to get information is to make accurate measurements at strategic sites (MAZZARELLA & TRANFAGLIA, 2000).

OPERE CITATE / REFERENCES

- BRILLOUIN L. (1968) - *Science and information theory*, 350 pp., N.Y. Academic Press.
- DEL PRETE S., & MELE R. (2006) - *Il contributo delle informazioni storiche per la valutazione della propensione al dissesto dell'Isola d'Ischia (Campania)*, Rend.Soc.Geol.It., **2**: 29-47.
- MAZZARELLA A. (1999) - *Multifractal dynamic rainfall processes in Italy*, Theor. Appl. Climatol., **63**: 73-78.
- MAZZARELLA A., TRANFAGLIA G. & DI DONNA G. (1999) - *Il contributo della geometria frattale alla stima del deficit risolutivo di una rete di pluviometri e del rischio di piogge intense*, Bollet. Geofis., **22**: 61-71.
- MAZZARELLA A., MARTONE M. & TRANFAGLIA G. (2000) - *Il recente evento alluvionale del 4-5 maggio 1998 nel Sarnese e il deficit risolutivo della rete pluviometrica*, Quaderni Geol. Appl., **7**: 203-211.
- MAZZARELLA A. & TRANFAGLIA G. (2000) - *The fractal characterisation of geophysical measuring networks and its implications for an optimal location of additive stations: an application to a rain-gauge network*, Theor. Appl. Climatol., **65**: 157-163.
- MAZZARELLA A. & DIODATO N. (2002a) - *The alluvial events in the last two centuries at Sarno, Southern Italy: their classification and power-law time-occurrence*, Theor. Appl. Climatol., **72**: 55-64.
- Mazzarella A. & Diodato N. (2002b) - *La successione storica delle alluvioni a Sarno (sub-Appennino Campano) e lo stato critico della sua coltre piroclastica*, Bollet. Geofis., **25**: 37-52.
- MENNELLA C. (1946) - *Regime pluviometrico caratteristico sull'Isola d'Ischia, Atti Centro Studi su l'Isola d'Ischia, relativi al periodo 1944-1970*.
- MENNELLA C. (1959) - *L'Isola d'Ischia gemma climatica d'Italia*, Naples.

Received October 2006 - Accepted February 2007