

RAPPORTI TECNICI INGV

Sistema di monitoraggio meteorologico
del settore costiero dei Campi Flegrei:
analisi delle misurazioni effettuate
nel periodo 2014-2017 presso
la stazione di Bacoli



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

407



Direttore Responsabile

Valeria DE PAOLA

Editorial Board

Luigi CUCCI - Editor in Chief (luigi.cucci@ingv.it)
Raffaele AZZARO (raffaele.azzaro@ingv.it)
Christian BIGNAMI (christian.bignami@ingv.it)
Mario CASTELLANO (mario.castellano@ingv.it)
Viviana CASTELLI (viviana.castelli@ingv.it)
Rosa Anna CORSARO (rosanna.corsaro@ingv.it)
Domenico DI MAURO (domenico.dimauro@ingv.it)
Mauro DI VITO (mauro.divito@ingv.it)
Marcello LIOTTA (marcello.liotta@ingv.it)
Mario MATTIA (mario.mattia@ingv.it)
Milena MORETTI (milena.moretti@ingv.it)
Nicola PAGLIUCA (nicola.pagliuca@ingv.it)
Umberto SCIACCA (umberto.sciacca@ingv.it)
Alessandro SETTIMI (alessandro.settimi1@istruzione.it)
Andrea TERTULLIANI (andrea.tertulliani@ingv.it)

Segreteria di Redazione

Francesca DI STEFANO - Referente
Rossella CELI
Barbara ANGIONI
Tel. +39 06 51860068
redazionecen@ingv.it

REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.174 | 2014, 23 LUGLIO

© 2014 INGV Istituto Nazionale
di Geofisica e Vulcanologia
Rappresentante legale: Carlo DOGLIONI
Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

RAPPORTI TECNICI INGV

Sistema di monitoraggio meteorologico
del settore costiero dei Campi Flegrei:
analisi delle misurazioni effettuate nel periodo
2014-2017 presso la stazione di Bacoli

*Meteorological monitoring system of the coastal
sector of the Phlegraean Fields: analysis of Bacoli
weather station measurements (2014-2017)*

Alberto Fortelli¹, Mauro Caccavale², Giuseppe Esposito², Fabio Matano², Ferdinando Maria Musto¹,
Marco Sacchi², Renato Somma³, Claudia Troise³, Giuseppe De Natale³

¹Università degli Studi di Napoli Federico II | Centro Interdipartimentale di Ricerca, Laboratorio di Urbanistica e di
Pianificazione Territoriale "Raffaele d'Ambrosio (L.U.P.T.)

²CNR | Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per l'Ambiente Marino Costiero

³INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

Accettato 21 novembre 2018 | Accepted 21st November 2018

Come citare | How to cite Fortelli A. et al., (2019). Sistema di monitoraggio meteorologico del settore costiero dei Campi Flegrei: analisi delle
misurazioni effettuate nel periodo 2014-2017 presso la stazione di Bacoli. Rapp. Tec. INGV, 407: 1-34.

In copertina Ubicazione delle stazioni meteorologiche nell'area flegrea. | Cover Location of weather stations in the Campi Flegrei area.

407

INDICE

Riassunto	7
Abstract	7
Introduzione	8
1. Inquadramento vulcanologico dell'area dei Campi Flegrei	9
2. Caratteristiche meteo-climatiche dell'area flegrea	10
3. Il sistema di monitoraggio meteorologico	11
3.1. Schema funzionale di gestione da remoto del sistema e di archiviazione dei dati	12
4. Risultati delle misurazioni meteorologiche	13
4.1. Termometria	13
4.2. Pluviometria	17
4.3. Anemometria	19
5. Analisi complessiva dei risultati relativi al periodo 01.01.2014-31.12.2017	22
5.1. Andamento termometrico	22
5.2. Andamento anemometrico	23
5.3. Andamento pluviometrico	24
5.4. Pluviometria degli eventi di massima intensità	25
6. Considerazioni conclusive	29
Bibliografia	30

Riassunto

Nell'ambito del progetto PON - Ricerca e Competitività 2007-2013 per le Regioni della Convergenza denominato: "MONitoraggio Innovativo per le Coste e l'Ambiente marino (MONICA)", svolto in collaborazione tra l'Osservatorio Vesuviano - INGV e l'Istituto Ambiente Marino Costiero (IAMC) - CNR, a partire dal dicembre 2013, si è provveduto ad installare due centraline meteo nel territorio dei Comuni di Bacoli e Napoli, che hanno fornito misurazioni accurate di vari parametri meteorologici (temperatura, precipitazione piovosa, vento, umidità, pressione atmosferica), con una frequenza temporale di 10 minuti. Il presente rapporto descrive le strumentazioni utilizzate ed i risultati ottenuti, con riferimento alle annualità 2014, 2015, 2016 e 2017, della stazione meteorologica ubicata a Bacoli, nelle immediate adiacenze della sponda orientale del Lago Miseno, che consentono interessanti considerazioni di carattere meteorologico relative all'area in esame. L'andamento termico nel quadriennio è stato caratterizzato da una notevole variabilità inter-annuale. La piovosità è risultata caratterizzata da una notevole irregolarità, con valori di accumulo mensile talora estremamente elevati (Ottobre 2015, Settembre 2017), alternati a mesi con accumuli pluviometrici di modesta entità anche in fasi stagionali in cui le piogge risultano generalmente abbondanti (Dicembre 2015 e 2016). Il comportamento pluviometrico dell'area flegrea risulta caratterizzato da eventi pluviometrici di breve durata e notevole intensità. Tale tipologia di fenomeni è in grado di generare fenomenologie alluvionali ad insorgenza rapida (flash floods). Il regime dei venti nel quadriennio ha mostrato una notevole costanza, sia in termini di regime anemoscopio (direzione di provenienza), sia in termini di intensità media, mettendo in evidenza la presenza di fattori strutturali locali che sono in grado di governare il regime dei venti nella fascia costiera dell'area flegrea.

Abstract

Two weather stations have been installed in the coastal region of the Municipalities of Bacoli (Lake Miseno-Case Vecchie) and Naples (Cape Posillipo-Denza Institute) within the frame of a cooperation between the INGV-Napoli and IAMC-CNR Napoli in a PON - REC 2007-2103 project: "Innovative MONITORING for the Coasts and the Marine Environment (MONICA)". These stations have provided accurate measurements of various weather-climatic parameters (temperature, rainfall, wind, humidity, atmospheric pressure), with a time frequency of 10 minutes over a four-year period. This report documents the instruments used and the time series data recorded during the period 2014-2017 by the Bacoli meteorological station, and discusses the meteorological implications for the study area. The air-temperature trend in the analyzed period is characterized by two years with values close to their average and two years with significant deviations that reach their maximum during the summer season (2014, 2015). Rainfall values denote a remarkable irregularity, with monthly cumulative values sometimes extremely high (e.g. October 2015, September 2017), alternating with months with limited rain accumulation even in seasons during which rainfalls are generally copious (e.g. December 2015 and 2016). The pluviometric behavior of the western coastal zone of Campi Flegrei is characterized by frequent phenomena of short duration and high intensity that can trigger extreme hydrological and/or hydrogeological events. The wind regime appears substantially stable during the four-year period, both in terms of anemoscopic regime (provenance direction), and average intensity. This highlights the influence of local morphological factors that are able to control the wind regime along the Campi Flegrei coastal zone.

Introduzione

Il sistema di monitoraggio meteorologico del settore costiero flegreo rappresenta una delle azioni previste nell'ambito del progetto PON - Ricerca e Competitività 2007-2013 per le Regioni della Convergenza denominato: "MONitoraggio Innovativo per le Coste e l'Ambiente marino (MONICA)", codice identificativo PON01_01525, finanziato dal MIUR. L'obiettivo principale del progetto MONICA è stato quello di contribuire efficacemente alla prevenzione ed alla gestione delle emergenze ambientali, in particolare modo di quelle marine e costiere, attraverso la realizzazione di un sistema di monitoraggio ambientale innovativo, basato su una infrastruttura di comunicazione in fibra ottica installata sul fondale marino ed in corrispondenza della zona costiera [Somma et al., 2014; Sacchi et al., 2015; 2016].

Le aree di sperimentazione delle nuove tecnologie utilizzate sono state il settore costiero dei Campi Flegrei ed il settore marino del Golfo di Pozzuoli, entrambi caratterizzati da rischio vulcanico, sismico, maremoto, fenomeni franosi, nonché da rischi antropici dovuti all'inquinamento e alla presenza di traffico marittimo. L'area di studio del Progetto MONICA comprende il settore occidentale del territorio della Città Metropolitana di Napoli ed include i territori costieri dei Comuni di Napoli, Pozzuoli, Bacoli e Monte di Procida.

Nel corso della ricerca è stato implementato un Sistema Informativo Territoriale (SIT-MONICA-COSTA), comprendente i tematismi concernenti gli aspetti geografici, geologici, geomorfologici ed evolutivi dell'area costiera dei Campi Flegrei. Il SIT è stato poi arricchito con i risultati delle analisi e delle elaborazioni dei vari tematismi, ed ha permesso di gestire in maniera efficiente e dinamica i diversi tematismi progressivamente acquisiti e/o prodotti. Nell'ambito del Segmento Costiero del progetto "MONICA" è stata dedicata particolare attenzione allo studio ed al monitoraggio delle falesie costiere tufacee. L'evoluzione di tali falesie è controllata da processi di instabilità geomorfologica connessi all'interazione tra evoluzione vulcano-tettonica dell'area, trasformazione antropica del territorio e processi di degradazione ed erosione proprie della fascia costiera [Matano et al., 2015a, 2015b, 2016; Esposito et al. 2017, 2018a]. Una particolare attenzione è stata dedicata anche all'analisi dei fenomeni di flash-flood che interessano i bacini collinari costieri [Esposito et al., 2015; 2018b]. A tal fine, è stata considerata rilevante l'acquisizione di serie di dati pluviometrici di archivio, relativi alle stazioni meteorologiche storiche (fino al 1999; Servizio Idrografico Nazionale) e attuali (2000-2017; Protezione Civile Regionale). Inoltre, a partire dal dicembre 2013, si è provveduto ad installare due centraline meteo presso i Comuni di Bacoli e Napoli, che hanno fornito misurazioni accurate di vari parametri meteo-climatici (temperatura, precipitazione piovosa, vento, umidità, pressione atmosferica), con una frequenza temporale di 10 minuti. L'installazione della stazione meteorologica di Bacoli, oltre alla importanza correlata alle finalità specifiche previste dal progetto PON MONICA, riveste una notevole valenza scientifica in quanto consente di disporre di dati di dettaglio sul settore costiero flegreo occidentale, che risulta al momento privo di sensori di reti di monitoraggio meteorologico ufficiali (ad es. Protezione Civile della Regione Campania, ARPAC, INGV, ecc.). Purtroppo l'archivio relativo alla stazione posta in località Capo Posillipo non è completo a causa di alcune problematiche tecniche che non hanno consentito l'acquisizione dei dati dal marzo al settembre 2016, e pertanto non è stata utilizzata in questa fase dello studio.

Il presente rapporto descrive le strumentazioni utilizzate ed i risultati ottenuti con riferimento alle annualità 2014, 2015, 2016 e 2017 della stazione meteorologica ubicata a Bacoli, nelle immediate adiacenze della sponda orientale del Lago Miseno.

1. Inquadramento vulcanologico dell'area dei Campi Flegrei

Il Distretto Vulcanico dei Campi Flegrei rappresenta un'area vulcanica ampia circa 450 km², che comprende anche il settore occidentale della città di Napoli e le isole di Procida e Ischia. L'elemento morfo-tettonico dominante è costituito dalla Caldera Flegrea, che include sia un'area emersa tra Monte di Procida e Posillipo che l'area marina del Golfo di Pozzuoli (Fig. 1). Essa è il risultato di due principali collassi eruttivi, che seguirono l'eruzione catastrofica dell'Ignimbrite Campana (IC) [Rosi e Sbrana, 1987], risalente a 39.000 anni fa, secondo studi recenti di Fedele et al., 2008, e l'eruzione del Tufo Giallo Napoletano (TGN) [Orsi et al., 1996], risalente a 14.900 anni fa [Deino et al., 2004; Smith et al., 2011]. I depositi dell'Ignimbrite Campana ricoprono un'area circa di 30.000 km², con un volume di magma eruttato stimato in circa 150 km³ [Fisher et al., 1993; Civetta et al., 1997]. I depositi dell'eruzione del Tufo Giallo Napoletano (TGN) ricoprono un'area di circa 1.000 km² con un volume di materiale emesso superiore a 40km³ [Wohletz et al., 1995].

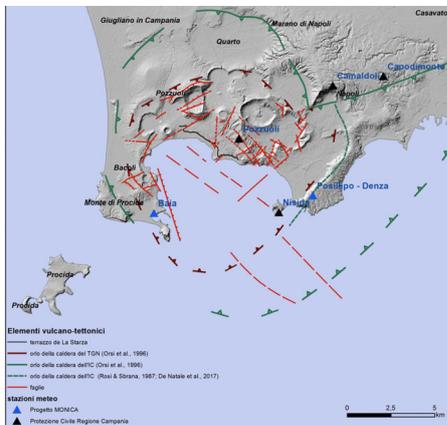


Figura 1 Ubicazione delle stazioni meteorologiche nell'area flegrea.

Figure 1 Location of weather stations in the Campi Flegrei area.

L'attività eruttiva della caldera pre-IC, era caratterizzata da magmi eruttati da bocche situate esternamente all'attuale struttura calderica ed il sistema magmatico era caratterizzato da un sistema aperto. Successivamente la trasformazione in un sistema chiuso ha portato all'enorme eruzione dell'IC [Pappalardo et al., 1999]. Tra le due attività eruttive, quella dell'IC e del TGN, i prodotti emessi sono il risultato di eruzioni che vanno dalle idromagmatiche a quelle esplosive [Orsi et al., 1996]. Successivamente all'eruzione del TGN, Di Vito et al. [1999] hanno suddiviso l'attività in tre epoche. La prima epoca segue l'eruzione dei TGN fino a 9.500 anni fa ed è stata caratterizzata da 34 eruzioni esplosive. La seconda epoca va da 8.600 a 8.200 anni fa con sei eruzioni esplosive, e infine la terza epoca va dai 4.800 ai 3.800 anni fa, ed ha prodotto 16 eruzioni esplosive e 4 eruzioni effusive.

Ciascuna epoca si distingue per il differente intervallo di accadimento degli eventi eruttivi, oltre che dalla localizzazione delle bocche eruttive in relazione alla caldera dei Campi Flegrei. Infine studi di Smith et al. [2011] sull'analisi geochemica mostrano un grado di evoluzione differente tra i magmi appartenenti alle varie epoche passando da un magma meno evoluto per quelli appartenenti alla prima epoca a magmi più evoluti per quelli della terza epoca. Il sistema è tutt'oggi ancora attivo come testimoniato dall'eruzione del Monte Nuovo del 1538, dalle due crisi bradisismiche del 1970-1972 e del 1982-1984 e dall'attività fumarolica diffusa. Secondo D'Auria et al. [2011] analizzando il periodo dopo l'ultima crisi bradisismica ci sono stati almeno cinque episodi di sollevamento del suolo accompagnato da eventi sismici. La micro-sismicità studiata è quella data dai **long period**, ovvero eventi con una bassa frequenza ed associati al trasferimento dei fluidi in superficie che determinano le fumarole.

L'area flegrea ed il Golfo di Pozzuoli costituiscono l'esempio di un'area vulcanica costiera altamente urbanizzata e caratterizzata da altissimo rischio, connesso, oltre che al vulcanismo, anche ad altri eventi naturali (terremoti, maremoti, deformazioni del suolo, frane, alluvioni, ecc.) ed antropici [Beneduce et al., 1988; Lirer et al., 2001].

2. Caratteristiche meteo-climatiche dell'area flegrea

L'area dei Campi Flegrei è ubicata in corrispondenza del medio versante tirrenico della penisola italiana. Essa risente in maniera rilevante dell'influenza mitigatrice del mar Tirreno, con inverni miti ed estati che non risultano quasi mai eccessivamente calde, grazie alla presenza di un attivo regime di brezze costiere.

Il regime pluviometrico è di tipo sub-litoraneo del versante tirrenico, con estati siccitose e massimo pluviometrico principale autunnale; piogge di una certa consistenza cadono anche nei mesi di marzo e aprile, portando al massimo pluviometrico secondario primaverile. Il minimo pluviometrico invernale è poco marcato in quanto la Campania, essendo la regione più meridionale di questa specifica area pluviometrica, risulta zona di transizione tra il regime sub-litoraneo del medio-alto versante tirrenico e quello di tipo mediterraneo (tipico della Calabria e della Sicilia), caratterizzato da un ben definito minimo pluviometrico estivo ed un massimo invernale.

L'inquadramento climatico dell'area dei Campi Flegrei può essere effettuato prendendo in considerazione il comportamento termo-pluviometrico osservato presso lo storico Osservatorio Meteorologico dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II", ubicato nel complesso monumentale di San Marcellino, nel centro storico di Napoli. La serie storica sulla quale si basano i dati di seguito riportati (Tab. 1) si estende dal 1872 ad oggi, costituendo una serie di quasi 150 anni di ininterrotti rilevamenti.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Tmin (°C)	8,3	8,0	10,0	12,2	16,1	20,1	22,5	22,9	19,7	16,1	12,1	9,2
Tmax (°C)	13,4	13,7	15,9	18,8	23,2	27,0	29,9	30,1	26,6	22,8	17,8	14,5
P(mm)	94,1	76,6	67,3	67,7	46,4	32	16,7	27	71	120	126,6	120,2

Tabella 1 Medie mensili termiche e pluviometriche misurate presso l'Osservatorio Meteorologico dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" nel periodo 1872-2017.

Table 1 Air temperature and rainfall average mean values measured at "Federico II" University of Naples Meteorological Observatory in the period 1872-2017.

Alcuni recenti studi [Fortelli et al., 2016] hanno posto in evidenza che tra i rilevamenti termici dell'Osservatorio Meteorologico di San Marcellino e quelli della stazione di Bacoli esistono degli sfasamenti, che raggiungono il loro valore più elevato nei valori massimi giornalieri relativi ai mesi di luglio e agosto ($\Delta T = 2^{\circ}\text{C}$). L'esistenza di una forma di variabilità intra-annuale, allo stato non ancora quantificata in maniera scientificamente rigorosa, non consente di effettuare confronti tra l'andamento termico misurato presso l'Osservatorio di San Marcellino e quello misurato a Bacoli. A sostegno di questa scelta intervengono anche considerazioni in merito alla

notevole diversità del contesto geo-morfo-urbanistico dei siti di installazione della strumentazione meteorologica, soprattutto in considerazione della presenza del processo dell'Isola di Calore Urbano (UHI - Urban Heat Island) che interessa il centro storico di Napoli. Il confronto risulta invece possibile per quanto concerne le precipitazioni piovose: le due postazioni ricadono, infatti, nella medesima area pluviometricamente omogenea.

3. Il sistema di monitoraggio meteorologico

Il monitoraggio meteorologico dell'area di studio (Fig. 2) è stato effettuato mediante l'installazione di N°2 centraline DAVIS Instruments, modello Vantage Pro2 wireless, dotate di software WeatherLink ed interfaccia IP con la rete Internet. Le centraline utilizzano sensoristica certificata NIST (National Institute of Standards and Technology - USA) e pluviometro a bascula tarabile mediante apposite viti di regolazione fine.

Le centraline sono state ubicate in postazioni prossime alle aree di maggiore interesse ai fini della valutazione della stabilità dei costoni tufacei costieri in risposta alla forzante meteorologica.



Figura 2 Centraline meteorologiche del sistema di monitoraggio flegreo.

Figure 2 Weather stations of the Campi Flegrei monitoring network.

La centralina N°1 è stata installata nel comune di Bacoli, su un edificio comunale in prossimità della sponda orientale del lago Miseno. Essa si trova in posizione baricentrica rispetto a tre diversi siti di studio:

il promontorio di Monte di Procida (ad Ovest);

Capo Miseno (a Sud-Est);

il tratto di Costa tra Punta Epitaffio, Baia, Castello Aragonese e Bacoli (a Nord).

La centralina N°2 è stata installata al Capo di Posillipo, ospitata dall'Istituto Comprensivo "Collegio Francesco Denza" dei Padri Barnabiti. I parametri meteorologici rilevati in questo sito hanno particolare valenza per l'analisi dei processi erosivi e franosi delle falesie di Trentaremi e Coroglio.

Nel loro insieme, le due centraline di monitoraggio meteorologico chiudono ad Ovest e ad Est l'area geografica di interesse. I dati mancanti dovuti ad alcuni "black out" funzionali, sono stati integrati con quelli termo-pluviometrici delle stazioni di rilevamento di Pozzuoli e di Nisida (Rete della Protezione Civile della Regione Campania).

La stazione meteo di Bacoli è stata fisicamente installata in data 3 ottobre 2013 mentre quella di Capo Posillipo è stata installata in data 30 dicembre 2013. Per la stazione di Bacoli è stata necessaria una breve fase di assestamento funzionale, durata sino al 22 ottobre.

La sensoristica a corredo del gruppo sensori esterni consente la misura dei seguenti parametri meteorologici:

- temperatura
- umidità relativa
- direzione ed intensità del vento
- pioggia
- pressione atmosferica

Nella console di visualizzazione dei dati e di interfacciamento con la rete locale è alloggiato il sensore barometrico. Il software dedicato WeatherLink consente, tramite post-elaborazione di dati misurati e strutturati in Database, la valutazione del rain rate (Massima intensità istantanea della pioggia).

Le centraline sono state sottoposte a periodica attività di manutenzione ordinaria, comprensiva di taratura del pluviometro, e ad alcuni interventi di sostituzione di componenti hardware.

In questo report, in particolare, è stato analizzato l'andamento meteorologico del quadriennio 2014-2017 presso la stazione di Bacoli.

3.1. Schema funzionale di gestione da remoto del sistema e di archiviazione dei dati

Il sistema di monitoraggio meteo è strutturato in modo tale da garantire la ridondanza dei dati acquisiti. Tale ridondanza si esplica con tre differenti sistemi di memorizzazione dei dati: locale, *cloud* e remoto. Per quanto concerne la parte remota di archiviazione dei dati, sono state predisposte differenti soluzioni hardware collocate presso il Centro Elaborazione Dati dell'Istituto di Scienze Marine (ISMAR) del CNR di Napoli (ex Istituto Ambiente Marino Costiero - IAMC). La collocazione delle infrastrutture informatiche presso la sede dell'istituto è stata valutata in funzione della semplicità e garanzia di accesso H24 ad una veloce connessione internet e di una stabile alimentazione elettrica. Senza trascurare la possibilità di immediato intervento in caso di malfunzionamento del sistema. Per maggiore garanzia di affidabilità, il sistema predisposto è connesso a gruppi di continuità che ne garantiscono il funzionamento anche per lunghi periodi di assenza della alimentazione da rete elettrica e/o sbalzi di tensione. La parte hardware del sistema si compone di un server Hp dedicato, sul quale è in costante esecuzione il software "Weather Link". Tale software, connesso con le centraline meteo, effettua funzioni di monitoraggio dell'hardware remoto e di comunicazione con le stesse per l'aggiornamento dei parametri di funzionamento ed il recupero dei dati acquisiti.

Ad intervalli di tempo regolari i dati acquisiti dalle centraline meteo vengono memorizzati sugli hard disks del server. I dati scaricati sono salvati in un formato proprietario WeatherLink e possono essere gestiti e visualizzati per mezzo dello stesso software. Al fine di massimizzare l'integrabilità dei dati meteo acquisiti in diversi sistemi e/o database, nonché la possibilità di elaborarli anche con software di terze parti o sviluppati appositamente, si è predisposto uno script di conversione in formato di testo. I dati così convertiti sono anch'essi memorizzati negli hard disks del server. Infine, per una ulteriore ridondanza dei dati memorizzati e per evitare di accedere direttamente ai dati memorizzati nel server, è stato predisposto un secondo livello di memorizzazione. L'ulteriore livello hardware consiste in un NAS (Network Attached Storage) NETGEAR le cui specifiche sono riportate in Tab. 2. La soluzione NAS consente una massima libertà di condivisione dei dati e, grazie alla possibilità offerte dalla virtualizzazione di sistemi operativi, anche la relativa elaborazione e presentazione in siti web, liberando così spazio utile dal Server.

Marca	Netgear
Modello	ReadyNAS 314
Sistema RAID	Raid 5
Capacità memorizzazione	10.90 Tb
Versione Firmware	6.9.3

Tabella 2 Caratteristiche tecniche del NAS.

Table 2 Technical characteristics of the NAS.

4. Risultati delle misurazioni meteorologiche

L'inquadramento meteorologico del sito per il quadriennio in esame (01.01.2014-31.12.2017) è stato effettuato mediante l'analisi dei dati relativi ai seguenti parametri:

- temperatura;
- pioggia;
- vento.

Per la temperatura sono stati riportati in forma grafica, per ciascun anno e per la media sul quadriennio:

- i valori giornalieri (Tmin - Tmax), consentendo di apprezzare l'andamento annuale ed individuare le principali e più significative fasi con **surplus** o **deficit** termici. Sui diagrammi sono anche riportate le curve di interpolazione dei dati relative alle Tmin e Tmax (onda termica annuale), rappresentate da una espressione polinomiale di 4° grado;
- i valori medi mensili (MTmin-MTmax) ed i valori mensili min e max assoluti.

Sono stati valutati, inoltre, i valori dell'escursione termica annuale, ricavati dalla curva di interpolazione quale rappresentazione dell'onda termica annuale. In particolare sono stati valutati i valori di incremento tra il minimo termico tardo-invernale ed il massimo estivo e i valori di decremento tra il massimo estivo ed il minimo di dicembre.

Per la pioggia sono stati riportati in forma grafica i valori di accumulo mensile per ciascun anno e per la media sul quadriennio. Nel diagramma sono stati inseriti i valori climatologici mensili medi dell'Osservatorio di San Marcellino, onde valutare i **deficit** o le eccedenze pluviometriche. Si è anche condotta una analisi degli eventi pluviometrici di maggiore rilevanza quantitativa ed intensità, stabilendone il relativo periodo di ritorno.

Per il vento sono stati riportati in forma grafica (diagramma polare), relativamente a N°16 direzioni di provenienza del vento (cardinali ed intercardinali), per ciascun anno:

- la distribuzione anemoscopica (peso percentuale);
- la distribuzione anemometrica (velocità media del vento);

e per la media sul quadriennio:

- la distribuzione anemoscopica stagionale (peso percentuale);
- la distribuzione anemometrica stagionale (velocità media del vento).

4.1. Termometria

L'anno 2014 è stato caratterizzato da un andamento termico (Figg. 3 e 4) che ha presentato i

seguenti elementi di rilevanza:

1. un andamento annuale che ha presentato il valore minimo dell'escursione termica annuale nel quadriennio in esame;
2. una stagione estiva caratterizzata da valori sotto la media del quadriennio, con un deficit particolarmente spiccato nel mese di luglio (il valore soglia di 30°C è stato superato solo il 9-10/06, con 30,8 e 30,1°C rispettivamente);
3. una assenza di valori delle temperature minime giornaliere sotto i 5°C, corrispondente al più basso valore della media (computata sul quadriennio) della temperatura minima giornaliera, con l'eccezione delle giornate del 30 e 31 dicembre, quando la temperatura minima è scesa sotto lo zero (min -1,2°C).

Utilizzando le espressioni polinomiali della curva di interpolazione dell'andamento termico annuale, relative alle Tmin e Tmax, si ottengono i seguenti valori:

- Tmin(1) (min) = 9,8°C (12/02/2014)
- Tmin (max) = 22,0°C (15/08/2014)
- Tmin(2) (min) = 7,7°C (31/12/2014)
- Tmax (1) (min) = 14,3°C (07/02/2014)
- Tmax (max) = 27,1°C (15/08/2014)
- Tmax (2) (min) = 12,8°C (31/12/2014)

ove:

- a. per le temperature minime:
 - Tmin(1) (min) = valore minimo misurato nei mesi di gennaio/febbraio;
 - Tmin (max) = valore massimo misurato nella stagione estiva;
 - Tmin(2) (min) = valore minimo misurato nel mese di dicembre.
- b. per le temperature massime:
 - Tmax(1) (min) = valore minimo misurato nei mesi di gennaio/febbraio;
 - Tmax (max) = valore massimo misurato nella stagione estiva;
 - Tmax(2) (min) = valore minimo misurato nel mese di dicembre.

Figura 3 Andamento termico annuale (2014) misurato presso la centralina meteo di Bacoli.

Figure 3 Annual thermal trend (2014) recorded by the Bacoli weather station.

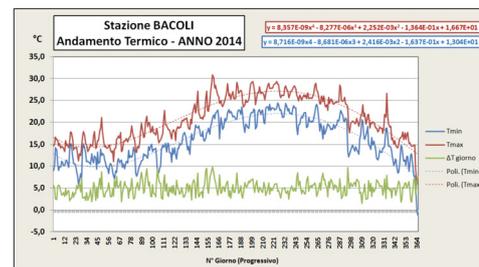
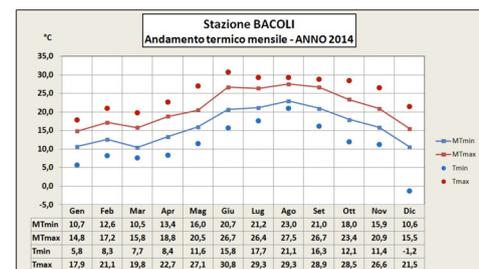


Figura 4 Andamento termico annuale su base mensile (2014), misurato presso la centralina meteo di Bacoli.

Figure 4 Monthly thermal trend over one year period (2014) recorded by the Bacoli weather station.



Le escursioni termiche annuali risultano, pertanto, pari a:

- $\Delta T+$ (min) = 12,2°C
- $\Delta T+$ (max) = 12,8°C
- $\Delta T-$ (min) = 14,3°C
- $\Delta T-$ (max) = 14,3°C

ove:

a. per le temperature minime:

- $\Delta T+$ (min) = incremento primaverile delle temperature minime
- $\Delta T+$ (max) = incremento primaverile delle temperature massime
- $\Delta T-$ (min) = decremento autunnale delle temperature minime
- $\Delta T-$ (max) = decremento autunnale delle temperature massime

L'anno 2015 è stato caratterizzato da un andamento termico (Figg. 5 e 6) che ha presentato i seguenti elementi di rilevanza:

1. un andamento annuale che ha presentato il massimo valore di escursione termica annuale nel quadriennio in esame;
2. una stagione estiva caratterizzata da valori sopra la media, con un surplus particolarmente spiccato nel mese di luglio e prima decade di agosto (il valore soglia di 30°C è stato superato in N°26 giornate, con un picco massimo di 34,4°C il giorno 07/08);
3. una assenza di valori delle temperature minime sotto i 5°C, eccezion fatta per la giornata del 01/01, quando la temperatura minima è scesa a 4,1°C).

Utilizzando le espressioni polinomiali della curva di interpolazione dell'andamento termico annuale, relative alle T_{min} e T_{max} , si ottengono i seguenti valori:

- $T_{min}(1)$ (min) = 7,4°C (12/02/2015)
- T_{min} (max) = 23,5°C (15/08/2015)
- $T_{min}(2)$ (min) = 9,1°C (31/12/2015)

- T_{max} (1) (min) = 12,2°C (07/02/2015)
- T_{max} (max) = 29,0°C (15/08/2015)
- T_{max} (2) (min) = 14,7°C (31/12/2015)

Le escursioni termiche annuali risultano, pertanto, pari a:

- $\Delta T+$ (min) = 16,1°C
- $\Delta T+$ (max) = 16,8°C
- $\Delta T-$ (min) = 14,4°C
- $\Delta T-$ (max) = 15,3°C

L'anno 2016 è stato caratterizzato da un andamento termico (Figg. 7 e 8) che ha presentato i seguenti elementi di rilevanza:

1. un andamento annuale che ha presentato un'escursione termica prossima al valore medio di escursione termica annuale nel quadriennio in esame;
2. una stagione estiva caratterizzata da valori prossimi alla media; il valore soglia di 30°C è stato superato in N°10 giornate, concentrate in particolare nel mese di luglio;
3. la presenza di un numero limitato di giornate con valori delle temperature minime sotto i 5°C (18-19-20/01, 30/12), con un valore minimo assoluto di 3,7°C il giorno 20/01.

Utilizzando le espressioni polinomiali della curva di interpolazione dell'andamento termico annuale, relative alle T_{min} e T_{max} , si ottengono i seguenti valori:

- Tmin(1) (min) = 9,6°C (10/02/2016)
- Tmin (max) = 22,2°C (14/08/2016)
- Tmin(2) (min) = 6,8°C (31/12/2016)
- Tmax (1) (min) = 14,0°C (04/02/2016)
- Tmax (max) = 27,4°C (05/08/2016)
- Tmax (2) (min) = 12,1°C (31/12/2016)

Le escursioni termiche annuali risultano, pertanto, pari a:

- $\Delta T+$ (min) = 12,6°C
- $\Delta T+$ (max) = 13,4°C
- $\Delta T-$ (min) = 15,4°C
- $\Delta T-$ (max) = 15,3°C

Figura 5 Andamento termico annuale (2015) misurato presso la centralina meteo di Bacoli.

Figure 5 Annual thermal trend (2015) recorded by the Bacoli weather station.

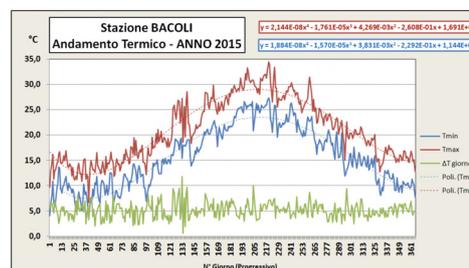


Figura 6 Andamento termico annuale su base mensile (2015), misurato presso la centralina meteo di Bacoli.

Figure 6 Monthly thermal trend over one year period (2015) recorded by the Bacoli weather station.

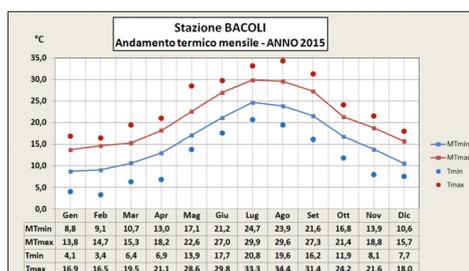


Figura 7 Andamento termico annuale (2016) misurato presso la centralina meteo di Bacoli.

Figure 7 Annual thermal trend (2016) recorded by the Bacoli weather station.

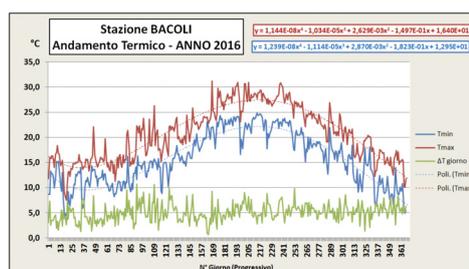
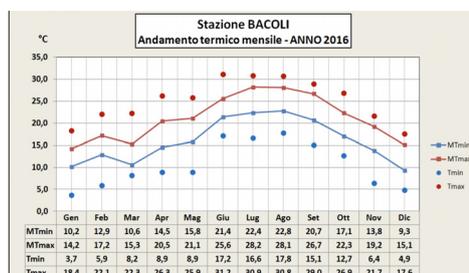


Figura 8 Andamento termico annuale su base mensile (2016), misurato presso la centralina meteo di Bacoli.

Figure 8 Monthly thermal trend over one year period (2016) recorded by the Bacoli weather station.



L'anno 2017 è stato caratterizzato da un andamento termico (Figg. 9 e 10) che ha presentato i seguenti elementi di rilevanza:

1. un andamento annuale che ha presentato una escursione termica rilevante, dovuta a verificarsi, nel corso dello stesso anno solare, dell'ondata di gelo che ha interessato la Campania tra il 5 e il 15 gennaio e della fase molto calda intervenuta tra la fine di luglio e

- la prima decade di agosto, con picchi, rispettivamente, di 0,4°C il 07/01 e di 33,6°C il 10/08;
- 2. una stagione estiva caratterizzata da valori sopra la media, con il valore soglia di 30°C che è stato superato in N°18 giornate, concentrate, in particolare, nella prima decade di agosto, quando la temperatura massima è stata sempre superiore a 30°C;
- 3. un addensamento di N°9 giornate con temperature minime sotto i 5°C nella prima metà del mese di gennaio, con il giorno 07/01 in cui anche la temperatura massima è risultata inferiore ai 5,0°C (3,7°C);
- 4. un mese di aprile caratterizzato da temperature inferiori alla media.

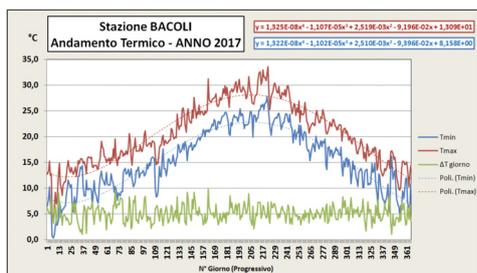


Figura 9 Andamento termico annuale (2017) misurato presso la centralina meteo di Bacoli.

Figure 9 Annual thermal trend (2017) recorded by the Bacoli weather station.

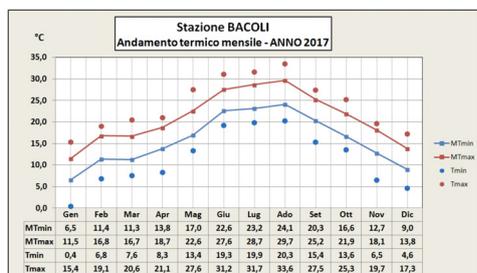


Figura 10 Andamento termico annuale su base mensile (2017), misurato presso la centralina di Bacoli.

Figure 10 Monthly thermal trend over one year period (2017) recorded by the Bacoli weather station.

Utilizzando le espressioni polinomiali della curva di interpolazione dell'andamento termico annuale, relative alle Tmin e Tmax, si ottengono i seguenti valori:

- Tmin(1) (min) = 7,2°C (22/01/2017)
- Tmin (max) = 22,8°C (25/07/2017)
- Tmin(2) (min) = 7,0°C (31/12/2017)

- Tmax (1) (min) = 12,2°C (21/01/2017)
- Tmax (max) = 28,1°C (25/07/2017)
- Tmax (2) (min) = 12,0°C (31/12/2017)

Le escursioni termiche annuali risultano, pertanto, pari a:

- ΔT+ (min) = 15,6°C
- ΔT+ (max) = 15,9 °C
- ΔT- (min) = 15,8°C
- ΔT- (max) = 16,1°C

4.2. Pluviometria

L'anno 2014 è stato caratterizzato da un andamento pluviometrico (Fig. 11) che ha presentato i seguenti elementi di rilievo:

- 1. un accumulo totale annuo di 844,4 mm, poco dissimile dal valore climatico annuale, pari a 866,0 mm;

2. un accumulo nei mesi invernali superiore a quello climatico (375,8 mm contro 290,8 mm);
3. un accumulo nei mesi autunnali inferiore a quello climatico, dovuto, in particolare, al buco pluviometrico occorso nel mese di ottobre (183,2 mm contro 317,6 mm);
4. un accumulo nel mese di luglio superiore a quello climatico (61,0 mm contro 16,7 mm).

L'anno 2015 è stato caratterizzato da un andamento pluviometrico (Fig. 12) che ha presentato i seguenti elementi di interesse:

1. un accumulo totale annuo di 932,5 mm, superiore al valore climatico annuale, pari a 866,0 mm;
2. un andamento pluviometrico che ha mostrato una ampia prevalenza dei mesi sotto media pluviometrica, compensato, però, da tre mesi particolarmente piovosi, gennaio, febbraio ed ottobre, con quest'ultimo caratterizzato da un accumulo record pari a 305,3 mm;
3. un accumulo nel mese di dicembre pari a soli 4,3 mm, valore che costituisce una forte anomalia nel regime pluviometrico dell'area oggetto di studio.

L'anno 2016 è stato caratterizzato da un andamento pluviometrico (Fig. 13) caratterizzato da:

1. un accumulo totale annuo di 781,5 mm, leggermente inferiore al valore climatico annuale, pari a 866,0 mm;
2. l'andamento pluviometrico ha mostrato una prevalenza dei mesi sotto media pluviometrica, con valori compensati parzialmente dagli accumuli dei mesi di settembre ed ottobre;
3. un accumulo nel mese di dicembre pari a soli 10,4 mm, valore che costituisce una forte anomalia nel regime pluviometrico dell'area oggetto di studio.

L'anno 2017 è stato caratterizzato da un andamento pluviometrico (Fig. 14) con i seguenti elementi di interesse:

1. un accumulo totale annuo di 663,2 mm, ampiamente inferiore al valore climatico annuale, pari a 866,0 mm;
2. un accumulo nei primi 8 mesi dell'anno (da gennaio ad agosto incluso) pari a soli 143,3 mm contro i 427,7 mm previsti dalla normalità climatica; tale valore costituisce anomalia pluviometrica di grande rilievo;
3. un accumulo nei mesi estivi di soli 1,8 mm, che consentono di classificare la stagione come estremamente siccitosa;
4. un accumulo nel mese di settembre nettamente superiore a quello climatico (203,7 mm contro 71,0 mm).

Figura 11 Accumuli pluviometrici mensili (2014).

Figure 11 Cumulative monthly rainfall data (2014).

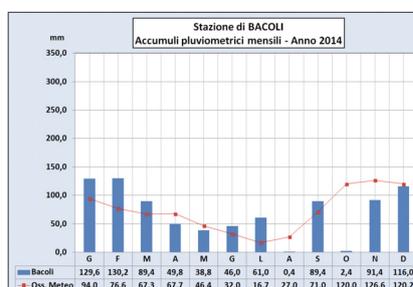
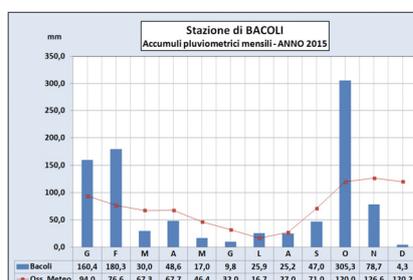


Figura 12 Accumuli pluviometrici mensili (2015).

Figure 12 Cumulative monthly rainfall data (2015).



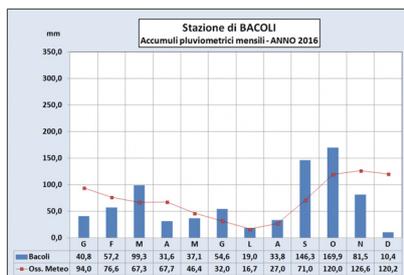


Figura 13 Accumuli pluviometrici mensili (2016).

Figure 13 Cumulative monthly rainfall data (2016).

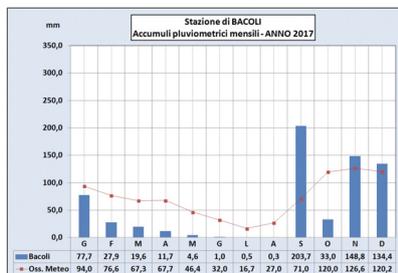


Figura 14 Accumuli pluviometrici mensili (2017).

Figure 14 Cumulative monthly rainfall data (2017).

4.3. Anemometria

L'andamento anemometrico dei singoli anni è stato analizzato in termini di direzione di provenienza del vento (regime anemoscopio) e di elencazione degli eventi anemometrici di maggior rilievo, considerando tali quelli in cui la velocità del vento, in termini di velocità istantanea di punta (raffica) ha superato i 20 m/s.

Il diagramma polare del 2014 (Fig. 15a) mette in evidenza che i venti sinottici, non riconducibili, cioè, a raffiche generate da sistemi convettivi a scala locale (tipo i temporali), spirano con maggiore frequenza dal II e IV quadrante (quadranti SE e NW), con la direzione NW che raggiunge il peso percentuale massimo, pari all'11,5%.

Escludendo la velocità di 27,3 m/s, misurata il 16/06/2014 a seguito del passaggio di un intenso sistema temporalesco, è possibile notare che le velocità di punta (Tab. 3) sono in prevalenza comprese nel II quadrante ed interessano l'area flegrea come vento di scirocco, con intense mareggiate sui settori esposti a SE. È pertanto possibile affermare che nel 2014 c'è stata una prevalenza di venti nord-occidentali ed una dominanza dei venti sud-orientali. Il diagramma polare del 2015 (Fig. 15b) mette in evidenza che le maggiori velocità dei venti sinottici hanno spirato con maggiore frequenza dal IV quadrante (quadrante NW), con la direzione NW che raggiunge il peso percentuale massimo, pari al 12,7%. Nel 2015 il massimo secondario di frequenza relativo al II quadrante, ben definito nell'anno 2014, risulta praticamente assente. Anche le velocità massime (Tab. 4) sono maggiormente distribuite, seppur con una prevalenza di eventi dai quadranti occidentali (III e IV quadrante). È pertanto possibile affermare che nel 2015 c'è stata una prevalenza di venti nord-occidentali ed una dominanza dei venti occidentali.

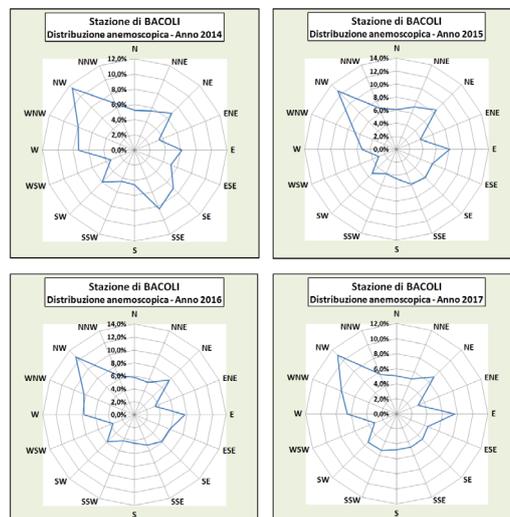
Il diagramma polare del 2016 (Fig. 15c) mette in evidenza una notevole similitudine tra il diagramma polare del 2015 e quello del 2016. I venti sinottici spirano con maggiore frequenza dal IV quadrante (quadrante NW), con la direzione NW che raggiunge il peso percentuale massimo, pari al 12,6%. Le velocità di punta (Tab. 5) sono in prevalenza comprese nel II (massimo principale) e IV (massimo secondario) quadrante. È pertanto possibile affermare che nel 2016 c'è stata una prevalenza di venti nord-occidentali ed una dominanza dei venti sud-orientali.

Il diagramma polare del 2017 (Fig. 15d) mette in evidenza che i venti sinottici spirano con maggiore frequenza dal IV quadrante (quadrante NW), con la direzione NW che raggiunge

il peso percentuale massimo, pari all'11,0%. Le velocità di punta (Tab. 6) si distribuiscono in maniera equilibrata tra il II e il IV quadrante. È pertanto possibile affermare che nel 2017 c'è stata una prevalenza ed una dominanza da parte dei venti provenienti dal II e IV quadrante.

Figura 15 Distribuzione anemoscopica annuale relativa al periodo 2014-2017.

Figure 15 Anemoscopic annual distribution during the period 2014-2017.



Data	Vmax nodi	Vmax m/s	Direzione
16/06/2014	53,0	27,3	NW
07/11/2014	53,0	27,3	SSE
30/01/2014	46,1	23,7	SSE
31/01/2014	46,1	23,7	SSE
18/01/2014	45,2	23,3	SSE
01/02/2014	44,3	22,8	SSE
28/12/2014	43,5	22,4	WNW
04/03/2014	42,6	21,9	SSE
24/03/2014	42,6	21,9	NNW
06/11/2014	41,7	21,5	S
01/12/2014	41,7	21,5	SSE
27/12/2014	40,0	20,6	WSW
20/01/2014	39,1	20,1	SSE
19/02/2014	39,1	20,1	SSE

Tabella 3 Caratteristiche delle velocità di punta misurate nel corso del 2014.

Table 3 Characteristics of maximum wind velocity measured during 2014.

Data	Vmax nodi	Vmax m/s	Direzione
04/02/2015	46,1	23,7	SW
30/01/2015	45,2	23,3	W
05/04/2015	44,3	22,8	WSW
01/02/2015	43,5	22,4	W
25/03/2015	42,6	21,9	SSE
09/02/2015	41,7	21,5	NE

Tabella 4 Caratteristiche delle velocità di punta misurate nel corso del 2015.

Table 4 Characteristics of maximum wind velocity measured during 2015.

Data	Vmax nodi	Vmax m/s	Direzione
28/02/2016	57,4	29,6	SE
14/10/2016	47,8	24,6	SSE
10/02/2016	47,0	24,2	WNW
03/03/2016	45,2	23,3	NW
16/06/2016	42,6	21,9	SSE
11/08/2016	40,9	21,1	SSE

Tabella 5 Caratteristiche delle velocità di punta misurate nel corso del 2016.

Table 5 Characteristics of maximum wind velocity measured during 2016.

Data	Vmax nodi	Vmax m/s	Direzione
11/09/2017	46,1	23,7	WNW
17/01/2017	41,7	21,5	ESE
07/03/2017	41,7	21,5	WNW
10/09/2017	41,7	21,5	SSE
27/12/2017	41,7	21,5	SSE
13/01/2017	40,0	20,6	WNW
06/11/2017	40,0	20,6	W

Tabella 6 Caratteristiche delle velocità di punta misurate nel corso del 2017.

Table 6 Characteristics of maximum wind velocity measured during 2017.

5. Analisi complessiva dei risultati relativi al periodo dal 01.01.2014 al 31.12.2017

L'analisi del quadriennio 2014-2017 consente di delineare alcune rilevanti caratteristiche delle condizioni meteorologiche che interessano l'area flegrea costiera. Tali caratteristiche, ancorché pesantemente condizionate dalla presenza di alcune anomalie termiche, possono fornire una prima indicazione relativa ai lineamenti climatici che caratterizzano l'area geografica in esame.

5.1. Andamento termometrico

I principali elementi emersi dall'analisi dei dati termometrici (Figg. 16 e 17) sono i seguenti:

1. l'andamento annuale presenta un'onda caratterizzata da una modesta escursione termica, sia delle temperature minime che di quelle massime;
2. una stagione estiva caratterizzata da valori massimi che solo occasionalmente superano il valore soglia di 30°C;
3. una stagione invernale molto mite, con valori minimi che solo occasionalmente scendono sotto i 5,0°C;
4. un modesto valore dell'escursione termica giornaliera, con valori che mediamente si attestano sui 5,0°C; il valore soglia di 10,0°C di escursione termica giornaliera viene raggiunto solo in rarissimi casi.

Utilizzando le espressioni polinomiali della curva di interpolazione dell'andamento termico annuale, relative alle Tmin e Tmax, si ottengono i seguenti valori:

- Tmin(1) (min) = 8,6°C (06/02)
- Tmin (max) = 22,5°C (01/08)
- Tmin(2) (min) = 7,8°C (31/12)
- Tmax (1) (min) = 13,2°C (03/02)
- Tmax (max) = 27,9°C (01/08)
- Tmax (2) (min) = 13,2°C (31/12)

Figura 16 Andamento termico medio (anni 2014-2017) misurato presso la centralina meteo di Bacoli.

Figure 16 Average thermal trend (2014-2017) recorded by the Bacoli weather station.

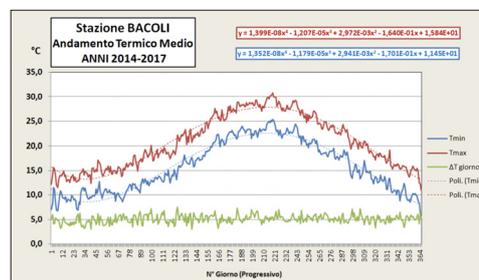
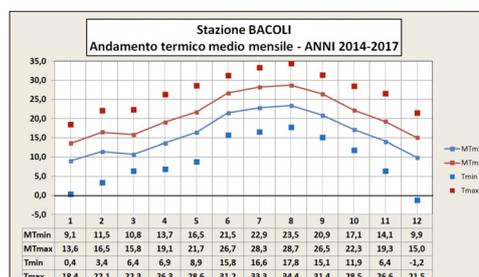


Figura 17 Andamento termico medio mensile (anni 2014-2017) misurato presso la centralina meteo di Bacoli.

Figure 17 Average monthly thermal trend (2014-2017) recorded by the Bacoli weather station.



Le escursioni termiche annuali risultano, pertanto, pari a:

- $\Delta T+$ (min) = 13,9°C
- $\Delta T+$ (max) = 14,7°C
- $\Delta T-$ (min) = 14,7°C
- $\Delta T-$ (max) = 14,7°C

5.2. Andamento anemometrico

L'andamento anemometrico relativo all'intero periodo oggetto di analisi è stato analizzato in termini di direzione di provenienza del vento (regime anemoscopico) e di velocità media relativa a ciascuna direzione di provenienza (regime anemometrico), effettuando le valutazioni per ogni singola stagione.

Nel periodo primaverile (Fig. 18), il diagramma polare mette in evidenza che i venti sinottici spirano con maggiore frequenza dal II e IV quadrante, con la direzione NW che raggiunge il peso percentuale massimo, pari all'11,0%. Le direzioni alle quali si associano le massime velocità medie del vento sono la direzione WNW (4,1 m/s) e SSE (3,9 m/s). È pertanto possibile affermare che la stagione primaverile è caratterizzata dall'alternarsi di venti sud-orientali e venti nord-occidentali, venti ai quali si associano anche le maggiori intensità medie.

Nel periodo estivo (Fig. 19), il diagramma polare evidenzia che i venti spirano con una netta prevalenza dal IV quadrante, con la direzione NW che raggiunge il peso percentuale massimo, pari al 16,9%. Le direzioni alle quali si associano le massime velocità medie del vento sono la direzione WNW (3,8 m/s) e NW (3,5 m/s). È pertanto possibile affermare che la stagione estiva è dominata dallo spirare di venti nord-occidentali, riconducibili, in misura rilevante, al regime delle brezze costiere. La direzione SSE, pur essendo poco frequente, si associa ad intensità medie relativamente elevate (2,8 m/s).

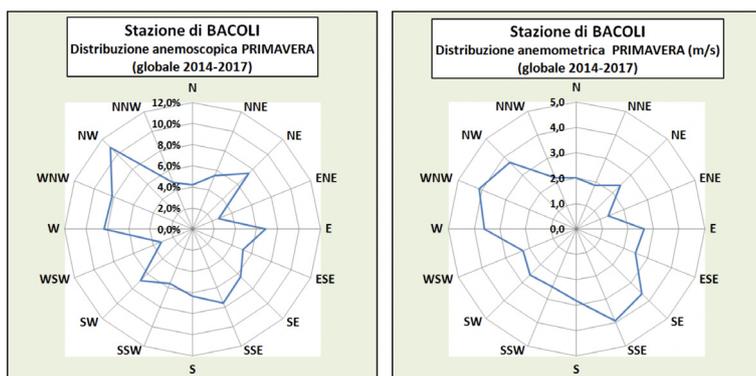


Figura 18 Distribuzione anemoscopica e anemometrica nella stagione primaverile relativa agli anni 2014-2017.

Figure 18 Spring time anemoscopic and anemometric distribution during the period 2014-2017.

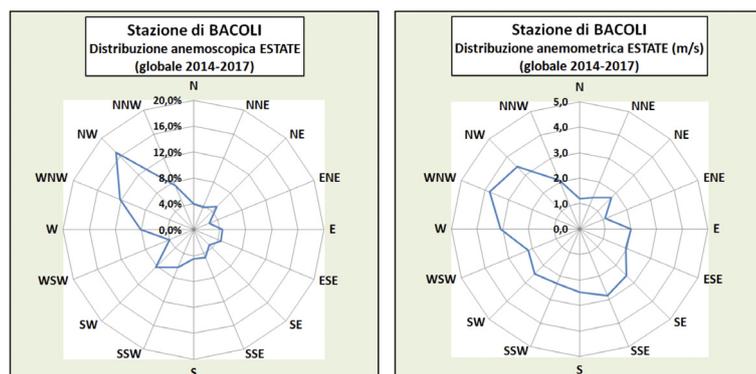


Figura 19 Distribuzione anemoscopica e anemometrica nella stagione estiva relativa agli anni 2014-2017.

Figure 19 Summer time anemoscopic and anemometric distribution during the period 2014-2017.

Nel periodo Autunnale (Fig. 20), il diagramma polare indica che i venti sinottici spirano in maniera ben distribuita tra I, II e IV quadrante, con la direzione NW che raggiunge il peso percentuale massimo, pari al 10,3%. Le direzioni alle quali si associano le massime velocità medie del vento sono la direzione SE (4,0 m/s) e SSE (4,4 m/s). È pertanto possibile affermare che la stagione autunnale è dominata da eventi anemometrici sciroccali, ed associate condizioni di mare generalmente mosso.

Nel periodo invernale (Fig. 21), il diagramma polare mette in evidenza un regime anemoscopio molto simile a quello autunnale. Infatti, si può osservare che i venti sinottici spirano in maniera ben distribuita tra I, II e IV quadrante, con la direzione NW che raggiunge il peso percentuale massimo, pari al 10,2%. Le direzioni alle quali si associano le massime velocità medie del vento sono la direzione SE (4,6 m/s) e SSE (5,7 m/s). È pertanto possibile affermare che la stagione invernale è dominata da eventi anemometrici sciroccali, con significativo aumento del moto ondoso.

Figura 20 Distribuzione anemoscopica e anemometrica nella stagione autunnale relativa agli anni 2014-2017.

Figure 20 Autumn time anemoscopic and anemometric distribution during the period 2014-2017.

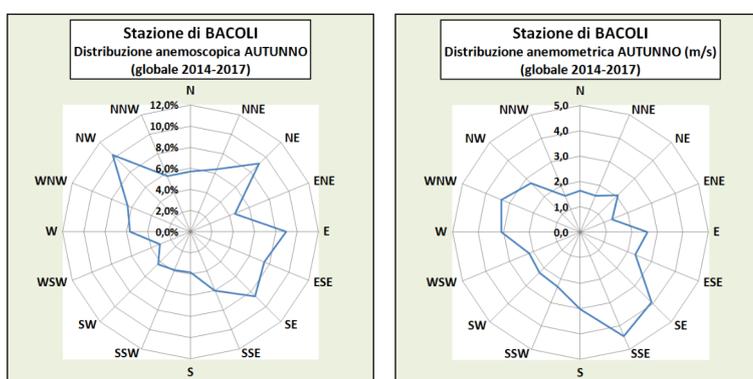
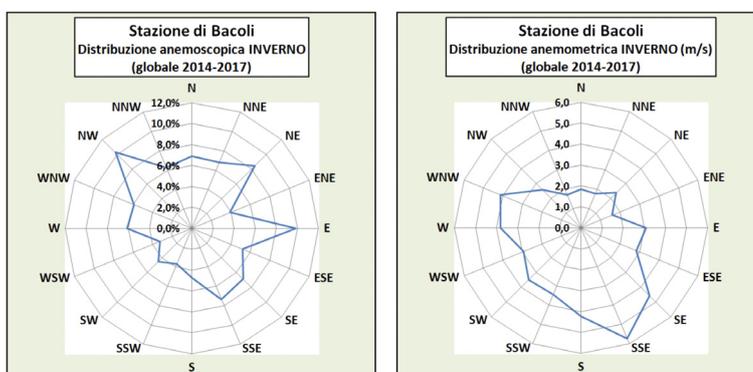


Figura 21 Distribuzione anemoscopica e anemometrica nella stagione invernale relativa agli anni 2014-2017.

Figure 21 Winter time anemoscopic and anemometric distribution during the period 2014-2017.



5.3. Andamento pluviometrico

L'analisi pluviometrica del quadriennio 2014-2017 (Fig. 22) consente di delineare alcune caratteristiche delle condizioni meteorologiche che interessano l'area flegrea costiera, che possono essere considerate quale una forma di primo e indicativo inquadramento pluviometrico dell'area.

I principali elementi emersi dall'analisi sono i seguenti:

1. un accumulo totale annuo di 805,5 mm, leggermente inferiore al valore climatico annuale, pari a 866,0 mm;
2. un accumulo nei mesi invernali leggermente inferiore a quello climatico (267,3 mm contro 290,8 mm), a causa della scarsa piovosità che ha caratterizzato i mesi di dicembre degli anni 2015 e 2016;

- 3. un accumulo nei mesi primaverili inferiore a quello climatico (119,4 mm contro 181,4 mm);
- 4. un accumulo nei mesi estivi pressoché allineato a quello climatico (69,4 mm contro 75,7 mm);
- 5. un accumulo nei mesi autunnali moderatamente superiore a quello climatico (415,7 mm contro 317,6 mm).

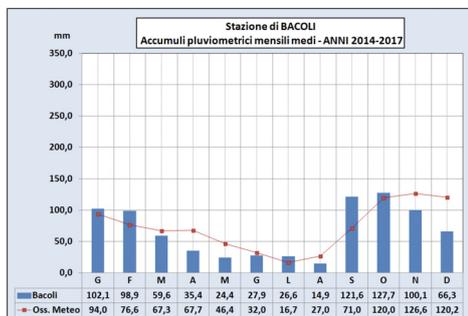


Figura 22 Accumuli pluviometrici mensili medi (anni 2014-2017).

Figure 22 Average cumulative monthly rainfall data (2014-2017).

5.4. Analisi degli eventi pluviometrici intensi

L'area geografica dei Campi Flegrei, in termini di caratterizzazione rispetto agli eventi pluviometrici di massima intensità, appartiene alla zona pluviometricamente omogenea A1 (Area litoranea), così come individuata dalla Relazione Tecnica del Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico dell'Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale [Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale, 2015].

Per tale zona risulta valida la Legge di Probabilità pluviometrica riportata in Fig. 23, ove:

- $\mu (i_d)$ = intensità relativa alla durata d (espressa in mm/h)
- d = durata dell'evento (espressa in ore)
- Z = quota sul livello del mare della località (espressa in m)

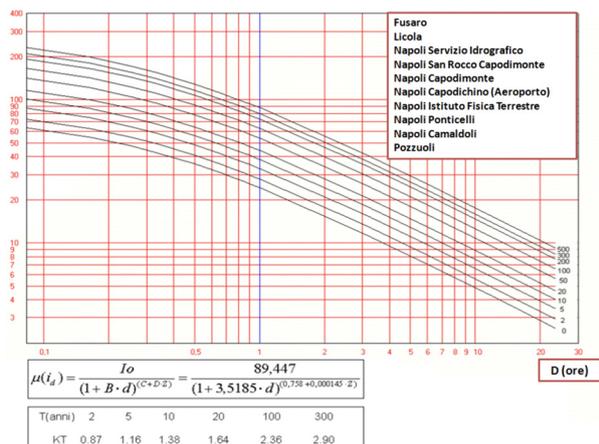


Figura 23 Legge di Probabilità Pluviometrica con indicazione dei Coefficienti di crescita KT e relative curve per differenti periodi di ritorno, riferite alla "Sottozona pluviometricamente omogenea A1 - Litoranea" [Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale, 2015].

Figure 23 Intensity-Duration-Frequency (IDF) curves, referred to the "Sub-zone A1 - Coastal area" [Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale, 2015].

Tale legge, valida anche per gli eventi pluviometrici di durata inferiore ad 1 h (Fig. 23), è stata utilizzata per il calcolo dei valori di intensità relative alle piogge di durate pari a 10, 20, 30 e 60 minuti ed a 3, 6 e 24 ore. Ad essi corrispondono i valori di accumulo relativi alle medesime durate (Tab. 7).

Il software WeatherLink delle centraline utilizzate consente di impostare l'intervallo di campionamento dati su valori prefissati (1, 10, 20, 30, 60 minuti, 3, 6 e 24 ore). Per la stazione in esame è stato fissato un valore di campionamento pari a 10 minuti. La disponibilità di questa serie dei dati di accumulo pluviometrico con questa specifica modalità consente una

aggregazione degli stessi per le durate multiple di 10 minuti, quali quelle indicate in Tab. 7. In tal modo è stato possibile ricavare i valori di soglia riferiti ai diversi tempi di ritorno delle piogge di durata assegnata, oltre i quali gli eventi, per ciascuna durata, sono da ritenersi eventi intensi. In Tab. 8 si riportano i valori degli accumuli pluviometrici (in mm) calcolati applicando i coefficienti di crescita KT riportati in Fig. 23.

	10'	20'	30'	60'	3h	6h	24h
μ (id)	63,0	49,6	41,4	28,5	14,0	8,5	3,1
μ (mm)	10,5	16,5	20,7	28,5	42,0	51,0	74,4

Tabella 7 Valori di intensità e di accumulo di pioggia calcolati sulla base della Legge di Probabilità pluviometrica riferiti a $T = 2,9$ anni.

Table 7 Rainfall intensity and cumulative values calculated on the basis of Intensity-Duration-Frequency curve referred to $T = 2,9$ years.

	10'	20'	30'	60'	3h	6h	24h
$T = 2$	9,1	14,4	18,0	24,8	36,4	44,6	63,9
$T = 5$	12,2	19,2	24,0	33,0	48,6	59,4	85,2
$T = 10$	14,5	22,8	28,6	39,3	57,8	70,7	101,3
$T = 20$	17,2	27,1	34,0	46,7	68,7	84,0	120,4
$T = 50$	21,3	33,6	42,0	57,8	85,0	104,0	149,1
$T = 100$	24,8	39,0	48,9	67,2	98,9	120,8	173,3
$T = 300$	30,5	48,0	60,0	82,6	121,5	148,5	213,0

Tabella 8 Valori degli accumuli pluviometrici (in mm) calcolati applicando i coefficienti di crescita riportati in Fig. 23.

Table 8 Cumulative rainfall calculated on the basis of KT coefficients listed in Fig. 23.

Nelle sotto-tabelle di Tab. 9 sono elencati in dettaglio tutti gli eventi di pioggia misurati nella stazione meteorologica di Bacoli caratterizzati da una intensità superiore al valore soglia relativo alle varie durate considerate, valutato con l'espressione della legge di probabilità riportata in Fig. 23. Il numero di eventi che superano i valori soglia per ciascuna durata considerata, relativi ai periodi di ritorno T considerati, è riportato nella Tab. 10.

La Tab. 10 è rappresentativa di un regime pluviometrico caratterizzato da frequenti eventi di notevole intensità e breve durata, di tipo prettamente convettivo, generalmente più frequenti ed intensi tra la fine di agosto ed il mese di ottobre, con un ben definito massimo nel mese di settembre.

	Durata : 10'		Durata : 20'		
	Valore soglia	10,5	Valore soglia	16,5	
11/09/2017	02:00	18,5	11/09/2017	02:10	30,5
16/06/2014	13:30	15,6	16/06/2014	13:40	20,4
12/09/2014	00:20	14,0	23/09/2015	23:10	20,3
22/10/2017	17:10	13,7	02/06/2016	15:20	19,8
05/10/2013	06:50	13,4	11/09/2014	02:40	19,2
23/09/2015	23:10	13,0	12/09/2014	00:30	19,0
02/10/2016	07:20	12,7	05/10/2013	07:00	17,8
19/09/2016	05:50	11,9	07/09/2017	11:20	17,5
02/06/2016	15:10	11,7	16/09/2016	22:50	17,3

	Durata : 30'		Durata : 60'		
	Valore soglia	20,7	Valore soglia	28,5	
11/09/2017	02:20	36,6	07/09/2017	11:50	50,0
12/09/2014	00:40	27,4	11/09/2017	02:50	38,1
07/09/2017	11:20	27,2	16/09/2016	23:00	32,0
23/09/2015	23:20	24,9	11/08/2016	10:20	32,0
16/06/2014	13:50	23,2	20/10/2015	06:40	31,5
20/10/2015	06:20	21,3	12/09/2014	00:50	30,4
11/08/2016	10:10	21,3			
23/07/2015	18:00	21,1			

	Durata : 3h		Durata : 6h		
	Valore soglia	42,0	Valore soglia	51,0	
07/09/2017	12:00	71,1	07/09/2017	15:10	101,6
11/09/2017	04:50	46,7	11/09/2017	07:50	57,4

	Durata : 24h	
	Valore soglia	74,4
07/09/2017	17:20	101,9
11/09/2017	20:20	84,3

Tabella 9 Elenco degli eventi di pioggia (osservati) con intensità superiore al valore soglia relativo alle varie durate considerate.

Table 9 Rainfall events with intensity higher than the threshold relative to different time duration.

	10'	20'	30'	60'	3h	6h	24h
T ≥ 5	7	5	4	2	1	1	1
T ≥ 10	2	1	1	1	1	1	1
T ≥ 20	1	0	1	1	1	1	0
T ≥ 50	0	0	0	0	0	0	0
T ≥ 100	0	0	0	0	0	0	0
T ≥ 300	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 10 Numero di eventi che superano i valori, per ciascuna durata considerata, relativi ai periodi di ritorno T considerati.

Table 10 Number of rainfall events that exceed the threshold, for different duration and associated return period (T).

Nella Tab. 11 si riportano i valori di massima intensità istantanea di pioggia (*rain-rate*) misurati nel quadriennio in esame. Il valore del *rain rate* riportato in tabella è quello “massimo istantaneo”. Infatti, il sistema di misura pluviometrico valuta con continuità l'intensità della precipitazione piovosa, riportandola alla durata di 1h. Il valore fornito è il valore di intensità che corrisponde al minimo intervallo temporale intercorso tra due ribaltamenti consecutivi del sistema basculante del pluviometro.

Date	Rain-Rate max (mm/h)
11/09/2017	860,6
16/06/2014	576,0
12/09/2014	349,0
22/10/2017	348,2
11/09/2014	261,8
23/09/2015	236,0
02/06/2016	203,2
19/09/2016	200,4
02/10/2016	162,6

Tabella 11 Elenco degli eventi pluviometrici con maggiore intensità istantanea di pioggia misurati nel quadriennio in esame.

Table 11 Rainfall events with highest instantaneous intensity during the considered four-year period.

Nella Tab. 12 si riportano i valori di massima intensità oraria valutati ponendo alla base del calcolo gli accumuli pluviometrici massimi osservati per la durata di 10 minuti.

Data	Accumulo pluviometrico (10 min.)	Intensità oraria (base: 10 min.)(mm/h)
11/09/2017	18,5	111,0
16/06/2014	15,6	93,6
12/09/2014	14,0	84,0
22/10/2017	13,7	82,2
05/10/2013	13,4	80,4
23/09/2015	13,0	78,0
02/10/2016	12,7	76,2
19/09/2016	11,9	71,4
02/06/2016	11,7	70,2
29/10/2015	10,4	62,4
07/09/2017	10,4	62,4
23/07/2015	10,2	61,2
16/09/2016	10,2	61,2
09/10/2016	10,2	61,2

Tabella 12 Elenco degli eventi pluviometrici di durata 10 minuti di maggiore intensità misurati nel quadriennio in esame, con relativa intensità oraria.

Table 12 Rainfall events with highest 10 minutes intensity during the considered four-year period, with relative hourly intensity.

6. Considerazioni conclusive

I dati meteorologici rilevati nell'ambito delle attività del Progetto PON MONICA consentono di formulare una serie di considerazioni di carattere generale, differenziabili in relazione al parametro considerato.

L'andamento termico nel quadriennio in esame è caratterizzato da due annualità con valori prossimi al valore medio e due annualità con scostamenti anche rilevanti nella stagione estiva (Estate 2014, con valori sensibilmente in **deficit** rispetto al valore medio del quadriennio ed estate 2015, con valori caratterizzati da un marcato **surplus** termico). Durante la stagione invernale non si sono registrati lunghi periodi caratterizzati da temperature particolarmente basse, con l'unica eccezione del periodo compreso tra il 5 ed il 15 gennaio 2017, con valori che si sono avvicinati allo zero portando anche a deboli episodi nevosi.

La piovosità risulta caratterizzata da una notevole irregolarità, con valori di accumulo mensile talora estremamente elevati (Ottobre 2015, Settembre 2017), alternati a mesi con piogge di modesta entità anche in fasi stagionali in cui le precipitazioni sono generalmente abbondanti (Dicembre 2015 e 2016). È da notare che la media sul quadriennio, anche se relativa ad un lasso temporale non esteso, tende a convergere, portandosi su valori molto prossimi a quelli

climatologici relativi all'Osservatorio Meteorologico federiciano di Largo San Marcellino, a testimonianza della forte caratterizzazione pluviometrica del sito. I fenomeni di **flash flood** che interessano l'area flegrea, con particolare riferimento a quelli che colpiscono il centro di Pozzuoli [Esposito et al., 2015; 2018], in aggiunta al fattore di controllo geomorfologico a scala locale, trovano una loro solida base causa-effetto nelle peculiarità del comportamento pluviometrico dell'area flegrea, la quale viene interessata da ricorrenti fenomeni di breve durata e di grande intensità. Ciò fa ritenere altamente probabile il verificarsi di eventi di criticità idrologica e/o idrogeologica nel periodo di inizio autunno, con tempi di ritorno piuttosto limitati.

Il regime dei venti nel quadriennio ha mostrato una notevole costanza, sia in termini di regime anemoscopio (direzione di provenienza), sia in termini di intensità media. Tale ripetitività degli schemi anemometrici su base annuale ha caratterizzato anche i regimi stagionali, mettendo in evidenza la presenza di fattori strutturali locali che, anche se in interazione con le situazioni meteorologiche a scala sinottica, sono in grado di governare il regime dei venti nella fascia costiera dell'area flegrea.

Bibliografia

- Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale, (2015). *Relazione Idrologica. Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico*. Delibera di Comitato Istituzionale n. 1 del 23/02/2015, 91 pp. Disponibile al link:
<http://www.adbcampaniacentrale2.it/documenti/psai/relazioni/RelazioneIdrologica.pdf>
- Beneduce P., D'Elia G., Guida M., (1988). *Morfodinamica dei versanti dell'area flegrea (Campania): erosione in massa ed erosione lineare*. Mem. Soc. Geol. It., 41, 949-961.
- Civetta L., Orsi G., Pappalardo L., Fisher R.V., Heiken G., Ort M., (1997). *Geochemical zoning, mingling, eruptive dynamics and depositional processes - the Campanian Ignimbrite, Campi Flegrei caldera, Italy*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 75, 3-4, 183-219.
- D'Auria L., Giudicepietro F., Aquino I., Borriello G., Del Gaudio C., Lo Bascio D., Martini M., Ricciardi G.P., Ricciolino P., Ricco C., (2011). *Repeated fluid-transfer episodes as a mechanism for the recent dynamics of Campi Flegrei caldera (1989-2010)*. J. Geophys. Res., 116, B04313, 1-24.
- Deino A.L., Orsi G., de Vita S., Piochi M., (2004). *The age of the Neapolitan Yellow Tuff caldera-forming eruption (Campi Flegrei caldera - Italy) assessed by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating method*. J. Volcanol. Geotherm. Res., 133, 157-170.
- Di Vito M.A., Isaia R., Orsi G., Southon J., de Vita S., D'Antonio M., Pappalardo L., Piochi M., (1999). *Volcanism and deformation since 12,000 years at the Campi Flegrei caldera (Italy)*. J. Volcanol. Geotherm. Res., 91, 221-246.
- Esposito G., Fortelli A., Grimaldi G.M., Matano F., Sacchi M., (2015). *I fenomeni di flash flood nell'area costiera di Pozzuoli (Napoli, Italia): risultati preliminari sull'analisi dell'evento del 6 novembre 2011*. Rendiconti Online della Società Geologica Italiana, 34, 74-84.
- Esposito G., Salvini R., Matano F., Sacchi M., Danzi M., Somma R., Troise C., (2017). *Multitemporal monitoring of a coastal landslide through SfM-derived point cloud comparison*. Photogrammetric record, 32, 160, 459-479.
- Esposito G., Salvini R., Matano F., Sacchi M., Troise C., (2018a). *Evaluation of geomorphic changes and retreat rates of a coastal pyroclastic cliff in the Campi Flegrei volcanic district, southern Italy*. Journal of coastal conservation, 22, 5, 1-16.
- Esposito G., Matano F., Scepti G., (2018b). *Analysis of Increasing Flash Flood Frequency in the Densely Urbanized Coastline of the Campi Flegrei Volcanic Area, Italy*. Frontiers in Earth Sciences, 6.
- Fortelli A., Scafetta N., Mazzarella A., (2016). *Local warming in historical center of Naples*. International Journal of Heat and Technology, 34, S.I. 2, S569-S572.
- Lirer L., Petrosino P., Alberico I., (2001). *Hazard assessment at volcanic fields: the Campi Flegrei case*

- history*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 112, 53-73.
- Matano F., Iuliano S., Somma R., Marino E., del Vecchio U., Esposito G., Molisso F., Scepti G., Grimaldi G.M., Pignalosa A., Caputo T., Troise C., De Natale G., Sacchi M. (2015a). *Geostructure of Coroglio tuff cliff, Naples (Italy) derived from terrestrial laser scanner data*. Journal of Maps, 12, 3, 407-421.
- Matano F., Pignalosa A., Marino E., Esposito G., Caccavale M., Caputo T., Sacchi M., Somma R., Troise C., De Natale G., (2015b). *Laser Scanning Application for Geostructural analysis of Tuffaceous Coastal Cliffs: the case of Punta Epitaffio, Pozzuoli Bay, Italy*. European Journal of Remote Sensing, 48, 615-637. doi: 10.5721/EuJRS20154834
- Matano F., Caccavale M., Esposito G., Grimaldi G.M., Minardo A., Scepti G., Zeni G., Zeni L., Caputo T., Somma R., Troise C., De Natale G., Sacchi M., (2016). *An integrated approach for rock slope failure monitoring: the case study of Coroglio tuff cliff (Naples, Italy) – preliminary results*. Proceedings of 1st IMEKO TC-4 International Workshop on Metrology for Geotechnics Benevento, Italy, March 17-18, 2016, 242-247.
- Orsi G., De vita S., and Di Vito M., (1996). *The restless, resurgent Campi Flegrei nested caldera (Italy): constraints on its evolution and configuration*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 74, 3-4, 179-214.
- Pappalardo L., Civetta L., D'Antonio M., Deino A., Di Vito M., Orsi G., Carandente A., de Vita S., Isaia R., Piochi M., (1999). *Chemical and Sr -isotopical evolution of the Phlegrean magmatic system before the Campanian Ignimbrite and the Neapolitan Yellow Tuff eruptions*. J. Volcanol. Geotherm. Res., 91,141-166.
- Rosi M., Sbrana A., (1987). *Phlegrean Fields: Petrography*. Quaderni de La Ricerca Scientifica 114, 9, 60-79.
- Sacchi M., Matano F., Caccavale M., Esposito G., Caputo T., Somma R., Troise C., De Natale G., Minardo A., Zeni L., Zeni G., (2016). *Application of an integrated monitoring system for rock failures in the Coroglio tuff cliff (Naples, Italy)*. Proceedings of "International Symposium on Landslides", Ch. 132, AGI, 1775-1782.
- Sacchi M., Caputo T., Esposito G., Somma R., Matano F., Caccavale M., del Vecchio U., Fortelli A., Grimaldi G.M., Iuliano S., Latte Bovio G., Marino E., Di Meglio C., Minardo A., Pignalosa A., Terracciano R., Troise C., Zeni L., De Natale G., (2015). *Sistema integrato di monitoraggio (TCM - Tuff Cliff Monitoring) dei fenomeni di dissesto lungo il costone tufaceo di Coroglio (Napoli)*. Rapporti Tecnici INGV, 309, 72 pp., ISSN 2039-7941.
- Smith V.C., Isaia R., Pearce N., (2011). *Tephrostratigraphy and glass compositions of post-15 kyr Campi Flegrei eruptions: implications for eruption history and chronostratigraphic markers*. Quat. Scie. Rev., 30, 3638-3660.
- Somma R., Matano F., Marino E., Caputo T., Esposito G., Caccavale M., Carlino S., Iuliano S., Mazzola S., Molisso F., Sacchi M., Troise C., De Natale G., (2014). *Application Of Laser Scanning For Monitoring Coastal Cliff Instability In The Pozzuoli Bay, Coroglio Site, Posillipo Hill, Naples*. In: G. Lollino et al. (eds.), Engineering Geology for Society and Territory - Volume 5, Ch. 133. Springer International Publishing Switzerland.
- Wohletz K., Orsi G., de Vita S., (1995). *Eruptive mechanisms of the Neapolitan Yellow Tuff interpreted from stratigraphie, chemical, and granulometric data*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 67, 4, 263-290.

QUADERNI di GEOFISICA

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/quaderni-di-geofisica.html/>

I QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) accolgono lavori, sia in italiano che in inglese, che diano particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari che necessitano di rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. Per questo scopo la pubblicazione on-line è particolarmente utile e fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi. I QUADERNI DI GEOFISICA sono presenti in "Emerging Sources Citation Index" di Clarivate Analytics, e in "Open Access Journals" di Scopus.

QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) welcome contributions, in Italian and/or in English, with special emphasis on preliminary elaborations of data, measures, and observations that need rapid and widespread diffusion in the scientific community. The on-line publication is particularly useful for this purpose, and a multidisciplinary Editorial Board with an accurate peer-review process provides the quality standard for the publication of the manuscripts. QUADERNI DI GEOFISICA are present in "Emerging Sources Citation Index" of Clarivate Analytics, and in "Open Access Journals" of Scopus.

RAPPORTI TECNICI INGV

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/rapporti-tecnici-ingv.html/>

I RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico come manuali, software, applicazioni ed innovazioni di strumentazioni, tecniche di raccolta dati di rilevante interesse tecnico-scientifico. I RAPPORTI TECNICI INGV sono pubblicati esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) publish technological contributions (in Italian and/or in English) such as manuals, software, applications and implementations of instruments, and techniques of data collection. RAPPORTI TECNICI INGV are published online to guarantee celerity of diffusion and a prompt access to published data. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

MISCELLANEA INGV

ISSN 2039-6651

http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/miscellanea-ingv.html

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favorisce la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV. In particolare, MISCELLANEA INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli, ecc. La pubblicazione è esclusivamente on-line, completamente gratuita e garantisce tempi rapidi e grande diffusione sul web. L'Editorial Board INGV, grazie al suo carattere multidisciplinare, assicura i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi sottomessi.

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favours the publication of scientific contributions regarding the main activities carried out at INGV. In particular, MISCELLANEA INGV gathers reports of scientific projects, proceedings of meetings, manuals, relevant monographs, collections of articles etc. The journal is published online to guarantee celerity of diffusion on the internet. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

Coordinamento editoriale e impaginazione

Francesca DI STEFANO, Rossella CELI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Progetto grafico e impaginazione

Barbara ANGIONI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

©2019
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Via di Vigna Murata, 605
00143 Roma
t. +39 06518601

www.ingv.it

