

FRANCO RAPETTI (\*), SEBASTIANO VITTORINI (†)

## NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA CLIMATICA DELLA TOSCANA

**Abstract** - *Explanatory notes on Tuscany Climatic Map.* Climatic features of the Region Tuscany are outlined here, as an integration and commentary on the Climatic Map edited on a scale of 1 to 250.000 (1956-1985). A brief profile of former meteorological and climatic studies about Tuscany is drawn, starting with the foundation of Meteorology at the Court of the Grand Duke Ferdinando II de' Medici. We also analyze a few significant synoptic panels determining the weather in Tuscany, with reference to the general circulation trends and Regional weather centers. Solar radiation, sea surface temperature and wind are analyzed. Air temperature, precipitation, number of cold and arid months are also taken into account, as well as exceptional thermal and pluviometric events. Thornthwaite's hydro-climatic balance is developed and its parameters-such as potential evaporation, deficit, surplus and outflow - are calculated. More than a century-old meteorological catalogues of air temperature and precipitations from Florence Ximenian Observatory and Pisa are analyzed. In order to study climatic fluctuations and trends having been recorded in these two meteorological stations since their establishment.

**Key words** - Climatology, Climatic Map, Tuscany, Italy.

**Riassunto** - *Note illustrative della Carta Climatica della Toscana.* Si delineano i caratteri climatici della Toscana, ad integrazione e commento della Carta climatica redatta alla scala 1:250.000 (1956-1985). Si traccia un breve profilo degli studi meteorologici e climatici che hanno riguardato la Toscana nel passato, ad iniziare dall'atto di nascita della Meteorologia presso la corte del Granduca Ferdinando II de' Medici. Si esaminano alcuni quadri sinottici caratteristici che determinano il tempo in Toscana, con riferimento agli andamenti della circolazione generale e ai centri regionali del tempo. Si analizzano la radiazione solare, la temperatura della superficie del mare, il vento. Si studiano la temperatura dell'aria, le precipitazioni, il numero dei mesi freddi e dei mesi aridi. Si prendono in considerazione gli eventi termici e pluviometrici eccezionali. Viene sviluppato il bilancio idrico-climatico di Thornthwaite e calcolati i suoi parametri caratteristici, quali l'evaporazione potenziale, il deficit, l'eccedenza e il deflusso. Si analizzano i cataloghi meteorologici ultracentenari della temperatura dell'aria e delle precipitazioni di Firenze Ximeniano e di Pisa con lo scopo di osservare le fluttuazioni e le tendenze climatiche che hanno interessato le due stazioni toscane dal momento della loro istituzione.

**Parole chiave** - Climatologia, Carta climatica, Toscana, Italia.

### NOTIZIE STORICHE

Lo sviluppo della meteorologia strumentale si fa risalire a Galileo Galilei, iniziatore e promotore degli studi delle proprietà fisiche dell'atmosfera. I suoi allievi e discepoli, tra i quali Benedetto Castelli, Evangelista Torricelli, Vincenzo Viviani, avevano perfezionato il

termometro (Borchi & Macii, 1997) e costruito altri strumenti meteorologici, quali il barometro, il pluviometro e l'igrometro; verso la metà del Seicento tali attività erano approdate a tentativi di misure sistematiche della pressione atmosferica e della temperatura dell'aria. Nell'Archivio Meteorologico Centrale Italiano si riferisce infatti della presenza di due frammenti di misure meteorologiche della metà del Seicento, raccolte a Pisa e a Firenze per conto del Granduca Ferdinando II e del Principe Leopoldo de' Medici, che probabilmente rappresentano il primo esempio di raccolta di misure eseguite con strumenti allo scopo costruiti (Antinori, 1858). È del resto universalmente riconosciuto che il primo servizio meteorologico della storia fu istituito dal Granduca di Toscana Ferdinando II de' Medici, ed ebbe vita tra la fine del 1654 e l'inizio del 1659. Il Granduca aveva promosso l'installazione di alcune stazioni meteorologiche in Italia, come a Firenze, Cutigliano, Vallombrosa, Bologna, Parma, Milano e in alcune città europee, quali Innsbruck, Parigi e Varsavia (Cantù, 1984), dove venivano eseguite misure della pressione atmosferica, della temperatura dell'aria e descritto lo stato del cielo (Archivio Meteorologico Centrale Italiano, 1858). Molte osservazioni, per quanto è dato sapere, sono andate disperse ma, almeno per le stazioni toscane, sono giunti ai nostri giorni i dati di Firenze e di Vallombrosa (Gandolfo & Sulli, 1990; Maracchi, 1991). Questa prima rete di osservatori ebbe tuttavia vita breve a causa della chiusura dell'Accademia del Cimento avvenuta nel marzo del 1667 e della morte di Ferdinando II (1621-1670). Soprattutto il primo avvenimento fece venir meno l'impulso alla ricerca meteorologica nel granducato, e ciò determinò la perdita di ruolo guida negli studi dell'atmosfera, quando in alcuni Stati europei, come in Francia, in Germania e in Inghilterra, questi stavano assumendo una grande importanza. Dalle ricerche fino ad oggi compiute sembra infatti che negli Stati italiani, tra la fine del Seicento e i primi anni del Settecento, le osservazioni meteorologiche, probabilmente con l'eccezione delle misure della pressione atmosferica effettuate a Modena da Bernardino Ramazzotti (1694), siano state pressoché abbandonate, anche se non si può escludere la presenza di osservazioni meteorologiche risalenti a

(\*) Università degli Studi di Pisa, Dipartimento di Scienze della Terra, Via S. Maria, 53, 56126 Pisa Italy.

quel periodo non ancora venute alla luce. Solo nei primi anni del Settecento si ebbe la ripresa degli studi meteorologici per merito di alcuni studiosi, quali Paris Maria Salvago e Giovanni Poleni, autori rispettivamente dei cataloghi di Genova (1705-1724) e di Padova (1709), quest'ultimo dal 1725 ininterrotto fino ai nostri giorni (Iafrate, 2002).

Si ritiene che le prime osservazioni meteorologiche settecentesche in Toscana siano state intraprese a Fornovolasco in Garfagnana, dove nel biennio 1715-1716 fu attiva una stazione pluviometrica (Vallisneri, 1726). Negli anni seguenti il contributo della Toscana allo sviluppo degli studi meteorologici riprende con vigore, quando si assiste alla nascita di numerose stazioni meteorologiche, i cui cataloghi costituiscono uno straordinario patrimonio per lo studio del clima degli ultimi tre secoli. Tra le stazioni più importanti istituite tra Settecento e Ottocento si ricordano quelle di Lucca di Giovan Stefano Conti (Rapetti, 1997), di Siena (Accademia dei Fisiocritici) (Rapetti, 2000), di Pisa di Giovanni Lorenzo Tilli (Rapetti, Ruschi, 2010), di Camaiore di Pietrantonio Butori (Rapetti, 1996; Rapetti, Vittorini, 2003), di Firenze, dove le osservazioni furono riprese nel 1813 presso l'edificio di San Giovanni, oggi noto come Osservatorio Ximeniano, per non essere più interrotte fino ai nostri giorni (Vergari, 2006; Rapetti & Vittorini, 1988; Cortemiglia *et al.*, 2011).

Il primo studio sistematico del clima dell'Italia risale ai primi anni dell'Ottocento ed è opera di J.F. Schouw (1839) che raccolse ed elaborò le osservazioni meteorologiche allora disponibili, tra le quali, in Toscana, quelle di Camaiore (1777-1826), di Pisa, di Firenze, di Livorno, fornendo un quadro dei caratteri pluviometrici del Paese.

Nella prima metà del Diciannovesimo secolo il numero di stazioni meteorologiche in Toscana aumentò considerevolmente, tuttavia la loro gestione era condotta con criteri diversi da luogo a luogo, tanto da rendere difficoltoso il confronto dei dati. Nel 1850, con l'istituzione dell'Archivio Meteorologico Centrale, prende forma in Italia il primo abbozzo di Servizio meteorologico che stabilisce le regole per l'acquisizione dei dati; tuttavia l'atto costitutivo del primo Ente meteorologico governativo italiano, denominato Ufficio Centrale di Meteorologia, è del 26 novembre 1876. Le osservazioni pluviometriche raccolte in Italia dalla seconda metà dell'Ottocento al 1915 furono ordinate da F. Eredia (Consiglio Superiore delle Acque, 1919). Nel 1920 Eredia pubblicò i dati pluviometrici dal 1916 al 1929 (Min. LL.PP., 1925) e, finalmente, dal 1918 le osservazioni apparvero in edizioni annuali sugli «Annali Idrologici» del Servizio Idrografico (Servizio Idrografico del Min. LL.PP.).

Nei primi anni del Novecento iniziarono gli studi interpretativi della distribuzione delle piogge in relazione alla morfologia; in questo ambito Eredia aveva

tentato di interpretare l'influenza della catena appenninica sulla distribuzione della pioggia in alcune stazioni pluviometriche dell'Italia centro-settentrionale, tra le quali in Toscana quelle di Livorno, Pisa, Grosseto Lucca, Volterra, Cortona, Arezzo (Eredia, 1907). La prima indagine a scala regionale, che risale agli inizi del Novecento, fu condotta da Giotto Dainelli (1908) che pubblicò una memoria sulle precipitazioni in Toscana tra il 1872 e il 1906, corredata da una carta delle isoiete alla scala 1:500.000. La pubblicazione sistematica di carte pluviometriche ebbe inizio solo nel 1921 con «Le carte pluviometriche del Dominio del Litorale Ligure-Toscano», che furono prodotte fino al 1931.

Indagini sulla distribuzione delle temperature dell'aria furono iniziate solo negli anni Cinquanta del secolo scorso, probabilmente per il basso numero di stazioni termometriche allora esistenti, se si considera che nel 1924 nel Dominio Ligure-Toscano ne erano attive soltanto diciannove. Un netto miglioramento si ebbe nei decenni successivi, poiché la rete termometrica del Compartimento della Toscana nel 1951 raggiunse il numero di sessanta unità. Tale potenziamento consentì a J. Gentili (1959) di studiare le temperature montane della Toscana e di calcolare i gradienti termici lungo alcune sezioni appenniniche.

Dalla fine degli anni Cinquanta gli studi sul clima della Toscana ebbero un notevole impulso presso l'Istituto di Geografia di Pisa, diretto da A. Mori (Mori, 1957). I contributi in questo ambito vennero da M. Pinna (1958) che studiò i venti della bassa valle dell'Arno, da S. Vittorini, autore di una monografia sul clima del bacino idrografico del fiume Ombrone grossetano (1969) e di studi sul bilancio-idrico climatico di C.W. Thornthwaite (1948) (Vittorini, 1972 a, b). Altre indagini riguardarono il clima dell'Arcipelago toscano (Vittorini, 1976; Pinna, 1978) e il clima meteomarinico del litorale pisano (Rapetti & Vittorini, 1978). Dagli anni Ottanta queste ricerche furono continuate presso il Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino del CNR con sede nel Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa, dove furono intrapresi studi di climatologia dell'Appennino settentrionale (Rapetti, Vittorini, 1989) e svolte le analisi delle serie storiche di Livorno (Meini *et al.*), di Firenze (Rapetti, Vittorini, 1988), delle serie pluviometriche secolari della Toscana (Rapetti & Vittorini, 1991). Lo studio degli eventi climatici estremi fu rivolto all'episodio di gelo del gennaio 1985 e agli estremi termici e pluviometrici in Toscana dal 1929 al 1987 (Rapetti, Vittorini, 1986; 1992; 1994). Altri studiosi eseguirono indagini sul clima di Firenze (Polli, 1953; Meucci, 1873), di Montecatini Terme (Musella, 1954), del bacino idrografico del F. Arno (Mazzetti 1956), sull'evapotraspirazione nella Provincia di Pisa (Verona,

1961), sull'aridità in Toscana (Fantuzzi, 1977), sul vento a Firenze (Parisi, 1982), sul microclima termico di Firenze (Pantani & Ciantelli, 1979), sull'isola di calore a Firenze (Nannini, 1983). Di interesse prevalentemente applicativo in campo agricolo-forestale è lo studio condotto nell'ambito delle attività di ricerca ambientale della Regione Toscana (Bigi, Rustici, 1984). Nel volume «La storia naturale della Toscana meridionale» viene dedicato un capitolo al clima di quella parte della Regione (Barazzuoli *et al.*, 1993). Negli ultimi anni, per gli aspetti che riguardano le tendenze recenti del clima, sono stati pubblicati «I diagrammi del clima in Toscana» (Bottai *et al.*, 2006). Il Servizio Idrologico Regionale della Toscana, istituito a seguito del D.L. n. 112 del 31 marzo 1998, tra gli altri compiti di Istituto, ha sviluppato una mole ingente di prodotti cartografici digitali riguardanti vari aspetti tematici del clima, per lo più rivolti alla salvaguardia del territorio dalle catastrofi idrogeologiche.

#### PREMESSA

Fino all'avvento della cartografia climatica digitale sviluppata dalla Regione Toscana, non risulta una produzione di carte climatiche a grande scala. Questo lavoro colma la lacuna con la costruzione della Carta climatica della Toscana alla scala 1:250.000 (Rapetti, Vittorini, 1994 a, b)<sup>1</sup>: in essa ci si è avvalsi dei criteri innovativi adottati dai climatologi francesi che, dalla metà degli anni Sessanta alla metà degli anni Ottanta, sotto la direzione di Ch. P. Peguy dell'Università di Rennes e Direttore di Ricerca presso il C.N.R.S. di Grenoble, pubblicarono alcune sezioni della «Carte Climatique Détaillée de la France» alla scala 1:250.000, superando la tradizionale cartografia climatica separativa, con la proposta di rappresentazioni sinottiche, consistenti nella sovrapposizione di più strati relativi a parametri climatici ritenuti significativi per la conoscenza del territorio.

L'elemento climatico di base della Carta climatica della Toscana, che viene presentata fuori testo, consiste nella distribuzione della temperatura vera dell'aria (fondo termico), sulla quale sono stati sovrapposti, con una simbologia a righe in colore di diversa larghezza, la distribuzione dei mesi freddi (righe grigie) e dei mesi aridi (righe arancione). La carta principale è corredata da nove carte ancillari alla scala approssimativa di 1:600.000, che descrivono importanti aspetti del clima, in particolare i principali parametri del bilancio idrico-climatico di Thornthwaite.

#### FATTORI GEOGRAFICI E MORFOLOGICI

La Toscana presenta una straordinaria varietà di ambienti, da quello montano (25,1% del territorio), alle colline (66,5%), alle pianure (8,4%) e alle isole dell'Arcipelago (Fig. 1). L'ambiente montano è costituito dall'Appennino, dalle Alpi Apuane, dalle Colline Metallifere e dal M.te Amiata. L'Appennino toscano ha una morfologia complessa, soprattutto nel settore settentrionale: il crinale principale, che demarca il versante tirrenico da quello adriatico, ha direzione NW-SE ma, in qualche tratto, come ad esempio lungo la sezione Viareggio-M.te Cimone, sono presenti altri due crinali subparalleli a quello principale, che da occidente a oriente segnano le linee di displuvio dei bacini intermontani della Garfagnana e della Val di Lima; situazioni morfo-strutturali non dissimili riguardano i bacini intermontani della Lunigiana, del Mugello e del Casentino. Il rilievo costiero più occidentale è costituito dalle Alpi Apuane, dove si raggiungono altitudini di poco inferiori a 2.000 metri, come nel M.te Pisanino (1.947 m l.m.m.), nel M.te Tambura (1.891 m), nel M.te Cavallo (1.888 m). Nell'Appennino settentrionale le vette maggiori sfiorano i 2.000 metri, ma il M.te Prado si innalza fino a 2.054 metri, mentre il crinale principale si mantiene a quote raramente inferiori a 1.600 metri. Le Colline Metallifere, distanti dalla costa poche decine di chilometri, occupano l'area centro-meridionale della Regione e culminano nelle Cornate di Gerfalco (1.060 m) e nel Poggio di Montieri (1.051 m). Nella parte meridionale e orientale della Regione, nel versante idrografico di sinistra del basso corso del F. Ombrone, si erge il massiccio del M.te Amiata (1.738 m), che costituisce il rilievo più elevato di una dorsale orientata in senso antiappenninico; appena più a oriente, nell'alto bacino idrografico del F. Orcia, si estende la dorsale del M.te Cetona (1.148 m). Il paesaggio della Toscana centrale è dominato dalle colline, con quote generalmente comprese tra 250 e 500 metri, delimitato ad oriente dai Monti del Chianti, dove le maggiori altitudini non superano 900 metri. Le principali pianure, come quelle di Pisa e di Grosseto, si spingono per molti chilometri verso l'interno lungo le aste terminali dei fiumi Arno e Ombrone grossetano. L'arcipelago toscano comprende sette isole maggiori e isole minori, alcune appena più grandi di uno scoglio. Il loro aspetto altimetrico e morfologico presenta caratteri spiccatamente diversi: alla totale assenza di rilievo dell'isola di Pianosa fanno riscontro profili altimetrici accidentati ed altitudini elevate, come nell'Isola d'Elba, dove nel lato occidentale si erge il M.te Capanne a 1.018 m l.m.m..

La complessa orografia della Toscana ha un'influenza determinante sui fenomeni meteorologici, soprattutto nella parte nord-occidentale della Regione, al confine

<sup>1</sup> La Carta climatica della Toscana è disponibile su richiesta degli interessati all'indirizzo della Rivista.

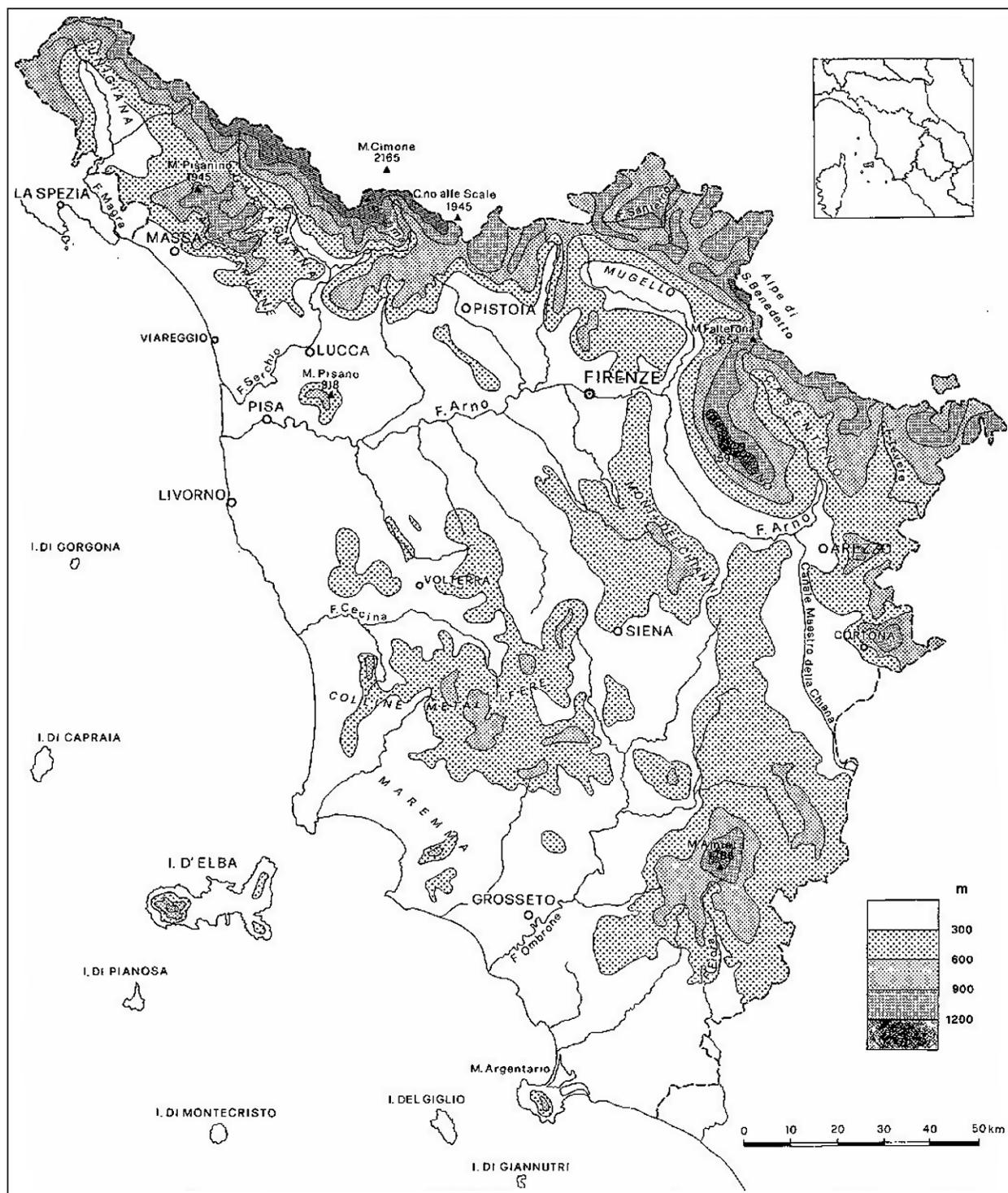


Fig. 1 - La Toscana fisica.

con la Liguria, dove più forte è l'interazione tra la morfologia e i flussi atmosferici atlantici. Quivi infatti le notevoli altitudini e la modesta distanza dei rilievi dal Mare Ligure determinano sollevamenti forzati di

forte intensità, con fenomeni meteorologici che, specialmente sulle Alpi Apuane, producono precipitazioni rilevanti, in Italia superate solo da quelle che si verificano nelle estreme Alpi orientali.

## NUVOLOSITÀ E RADIAZIONE SOLARE

La nuvolosità più elevata è presente nell'area montuosa compresa tra le Alpi Apuane e l'Appennino settentrionale, dove vengono stimati 4,1-4,3 okta annui (ottavi di cielo nuvoloso), seguono la Lunigiana e gran parte della Toscana centrale (3,9-4,1 okta); nella Toscana meridionale e nelle isole dell'Arcipelago si riscontra la copertura nuvolosa più bassa (3,5 okta).

Il soleggiamento è stato misurato a La Spezia, M.te Cimone, Viareggio, Montecatini Terme, Pisa, Grosseto e Pianosa (Guerrini *et al.*, 1973): il valore più elevato si è verificato nell'isola di Pianosa con 2.607 ore all'anno, seguito da Grosseto (2.514 ore), da La Spezia (2.387) e dal M.te Cimone dove, per la persistente nuvolosità orografica (4,4 okta annui), non sono state superate 1.894 ore (Tab. 1).

L'irradiazione mensile e annua ( $GJ/m^2$ ), misurata nelle stazioni di M.te Cimone, Pisa e Pianosa, conferma la distribuzione regionale della nuvolosità, che diminuisce dalle aree montuose settentrionali alle isole dell'Arcipelago (Guerrini *et al.*, 1973) (Tab. 2).

L'irradiazione misurata presso la stazione di Legoli (230 m s.l.m.m.) in Val d'Era è rappresentativa dei valori di gran parte della Toscana centrale e collinare, dove l'energia radiante più elevata ( $I_{to} > 30 MJ/m^2/giorno$ ) si è verificata in un ristretto numero di giorni

tra maggio e giugno (valori 2009); più numerosi e compresi tra aprile e settembre sono stati i giorni con  $I_{to} > 25 MJ/m^2/giorno$ ; i valori più bassi ( $I_{to} < 10 MJ/m^2/giorno$ ) hanno interessato i mesi da novembre a gennaio (Batini *et al.*, 2012) (Fig. 2).

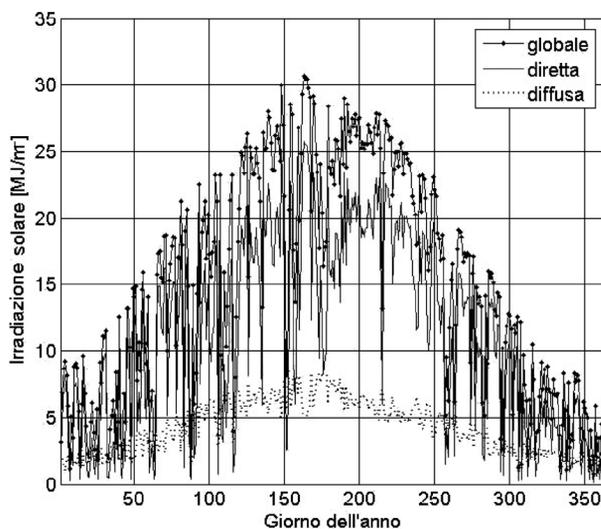


Fig. 2 - Irradiazione solare giornaliera ( $MJ/m^2/giorno$ ) a Legoli in Val d'Era (2009).

Tab. 1 - Soleggiamento assoluto (F, in ore) e relativo (F%) mensile e annuo (1913-1972).

Stazioni		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
La Spezia	F	116	142	182	200	229	287	338	300	227	153	109	104	2.387
	F%	44	52	53	53	53	66	77	74	65	49	42	42	56
M.te Cimone	F	116	120	132	136	174	176	234	267	170	163	96	110	1.894
	F%	44	44	38	36	41	41	54	56	49	52	37	44	44
Viareggio	F	108	114	154	176	217	244	286	268	212	169	96	83	2.127
	F%	41	42	45	46	50	57	65	66	61	54	37	33	50
Montecatini Terme	F	101	113	128	147	185	218	289	260	197	151	86	83	1.958
	F%	38	41	37	39	43	51	66	64	56	48	33	33	46
Pisa	F	111	122	157	198	263	275	324	287	223	188	107	94	2.349
	F%	42	45	46	52	61	64	75	71	64	60	40	37	55
Grosseto	F	130	137	158	198	286	299	357	329	230	190	102	98	2.514
	F%	48	50	46	52	67	70	83	82	66	60	38	38	58
Pianosa	F	129	140	189	226	283	302	343	309	240	206	130	110	2.607
	F%	48	51	55	60	67	71	79	77	69	65	49	43	61

Tab. 2 - Irradiazione assoluta (G) e relativa (G%) mensile e annua ( $GJ/m^2$ ) (1913-1972).

Stazioni		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
M.te Cimone	G	0,134	0,156	0,238	0,228	0,371	0,348	0,487	0,496	0,358	0,266	0,096	0,100	3,278
	G%	42	40	39	34	39	37	44	47	46	46	34	39	41
Pisa	G	0,112	0,158	0,254	0,357	0,472	0,512	0,568	0,489	0,366	0,259	0,117	0,089	3,753
	G%	38	40	40	42	44	45	47	47	46	45	37	36	42
Pianosa	G	0,129	0,180	0,329	0,455	0,570	0,607	0,660	0,557	0,401	0,290	0,140	0,104	4,422
	G%	40	42	46	47	48	49	51	50	48	47	40	38	46

## TEMPERATURA DELLA SUPERFICIE DEL MARE

L'effetto del mare nella regolazione termica della fascia costiera si manifesta con il livellamento delle temperature minime e massime diurne e, perciò, con la riduzione delle escursioni.

La temperatura della superficie del mare che bagna le coste toscane si mantiene pressoché costante da gennaio ad aprile; nei mesi successivi sale repentinamente fino a raggiungere il valore massimo in luglio; il ramo discendente della curva, per il rilascio graduale dell'energia termica accumulata dal sistema marino nel semestre caldo, presenta un decremento meno marcato (Fig. 3). A questo andamento non deve essere estranea l'influenza di una corrente meridionale che lambisce

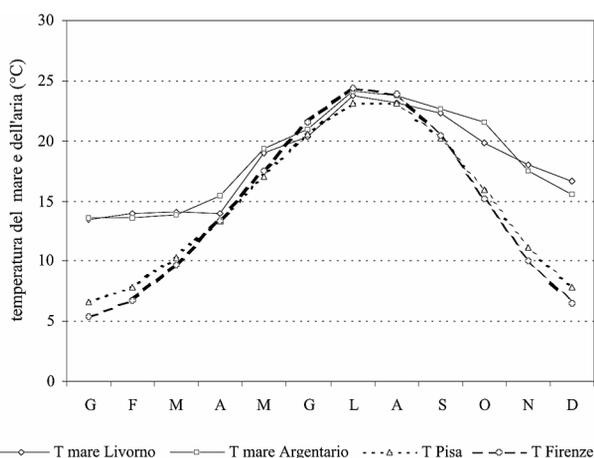


Fig. 3 - Regime termico mensile della superficie del mare al largo di Livorno e del Monte Argentario e nelle stazioni di Pisa e di Firenze.

sce la Toscana nel tardo autunno e in inverno, la cui presenza è segnalata dall'andamento dell'isoterma marina di 14,0 °C nelle acque del Mar Ligure (Climat. Charts of North Atlantic, 1958; Zancla & D'Andrea, 1970) (Fig. 4).

Il profilo termico tra il braccio di mare antistante la costa e l'interno del continente, lungo l'allineamento tra la foce del F. Arno e Camaldoli, presenta sensibili differenze mensili:  $\Delta T \approx 10$  °C in gennaio e  $\Delta T \approx 3$  °C in luglio (Fig. 5).

## TEMPERATURA DELL'ARIA

Lungo le coste della Toscana la variazione della temperatura dell'aria tra l'estremo meridionale e quello settentrionale ( $\Delta \text{lat.} \approx 2^\circ 15'$ ) è stimato in  $\approx 1,9$  °C (Min. LL.PP., 1969); valore teorico confrontabile con le temperature misurate nelle stazioni costiere di Orbetello (16,1 °C) e di Marinella (15,2 °C), che distano in latitudine  $1^\circ 30'$ . La temperatura della fascia costiera è senz'altro influenzata dal regime termico della superficie marina (Fig. 3, 4) mentre le Alpi Apuane e l'Appennino settentrionale schermano i venti freddi settentrionali. L'orientamento della bassa valle del F. Arno e del F. Ombrone grossetano favorisce l'ingresso di aria temperata dal mare, così come i bacini intermontani dalla Lunigiana al Casentino, aperti verso il secondo e il terzo quadrante, sono percorsi dai venti tiepidi e umidi meridionali.

Il numero delle stazioni termometriche in Toscana è relativamente scarso, soprattutto alle quote più elevate dei rilievi, poiché solo tre stazioni sono poste oltre i 1.000 metri di altitudine (dati 1985). Nella Tabella A (appendice) sono riportate le temperature medie men-

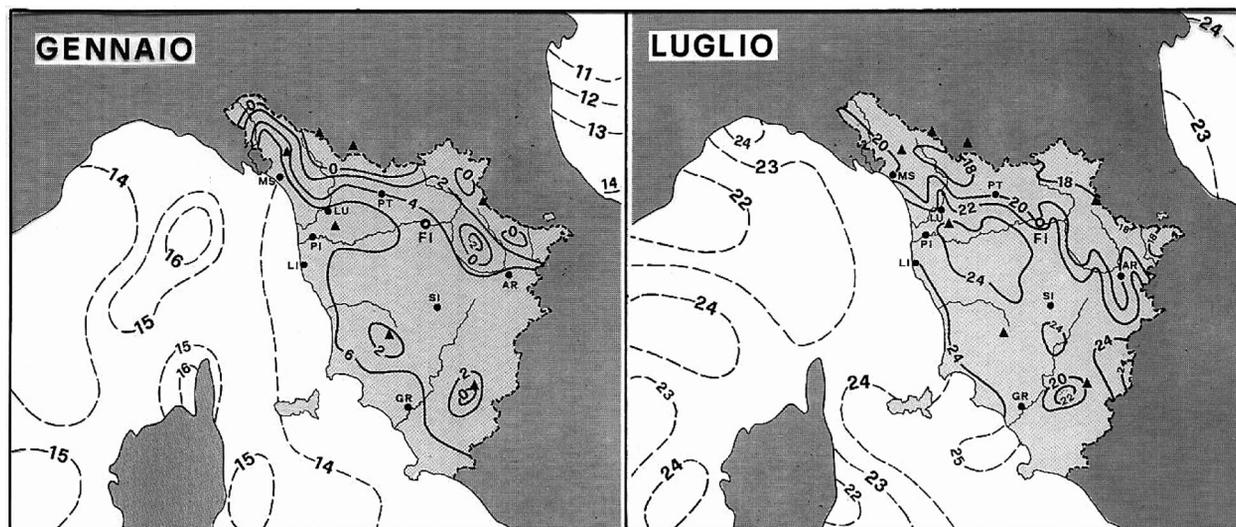


Fig. 4 - Temperatura (°C) della superficie del mare e dell'aria in gennaio e in luglio.

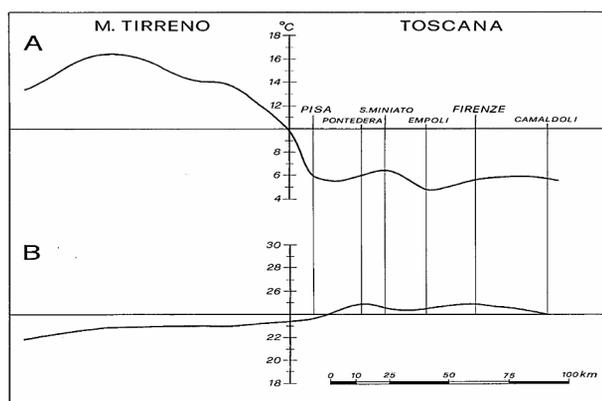


Fig. 5 - Temperatura della superficie del mare (°C) e dell'aria lungo l'allineamento foce del F. Arno-Camaldoli in gennaio (A) e in luglio (B).

sili e annue e le escursioni annue. La stazione del M.te Cimone, benché appartenente all'Appennino modenese, è stata presa in considerazione perché, verosimilmente, fornisce una buona indicazione delle condizioni termiche delle aree più elevate dell'Appennino settentrionale; quivi si registrano le temperature medie più basse dell'Appennino settentrionale, con valori negativi da novembre ad aprile e la media annua di 2,1 °C; a S. Pellegrino in Alpe, la stazione termometrica più elevata della Toscana (1.525 m l.m.m. in alta Garfagnana), le medie mensili sono negative da dicembre a marzo e la media annua è di 4,9 °C. Le isole dell'Arcipelago toscano presentano caratteri termici spiccatamente marittimi: l'isola di Gorgona, la più settentrionale dell'arcipelago, si caratterizza per i valori più bassi dell'escursione diurna e annua, rispettivamente con 2,0 e 13,7 °C. I valori più elevati dell'escursione annua

sono riscontrabili a Firenze e Arezzo, dove si raggiungono 19,0 °C.

La distribuzione geografica della temperatura media annua dell'aria (fondo termico della Carta climatica) è stata elaborata sulla base delle temperature misurate e delle temperature stimate con i gradienti termici (Tab. 3), ricavati dalle equazioni delle rette di regressione lineare tra l'altitudine e la temperatura dell'aria (°C/100 m) (Tab. 4).

Nel fondo termico le isoterme annue decrescono di grado in grado da 16 a 13 °C e di due gradi in due gradi fino all'isoterma di 7 °C. Nella Toscana continentale l'isoterma dei 16 °C è limitata alla laguna di Orbetello mentre nelle isole dell'Arcipelago toscano è presente lungo le coste. L'isoterma dei 15 °C delimita tutta la fascia costiera della Regione per una profondità di alcuni chilometri e si addentra profondamente nella bassa valle del F. Arno, fino ai paduli di Bientina e di Fucecchio, spingendosi fino ai piedi del Monte Albano; è presente nella bassa pianura dell'Ombrore grossetano fino a Roccastrada e Civitella-Paganico. L'isoterma dei 14 °C penetra ancora più profondamente nel continente, risalendo le valli di tutti i principali affluenti del F. Arno, come la valle del F. Era, fin quasi a Volterra, e quella del F. Elsa, oltre Colle Val d'Elsa mentre verso oriente si spinge fino ad Arezzo; a nord del F. Arno si incunea nella valle del F. Serchio fino a Castelvecchio Pascoli; nella Toscana meridionale racchiude un vasto territorio fino alle pendici dei rilievi più elevati, per comprendere anche il bacino idrografico del F. Orcia e tutte le aree di collina oltre i 300 metri di altitudine. L'isoterma dei 13 °C si attesta alla base dei rilievi, addentrandosi ancora più profondamente lungo le valli dei canali fluviali di basso ordine. Le colline della Toscana centrale sono comprese tra le isoterme dei 13 e degli 11 °C. L'isoterma degli 11 °C

Tab. 3 - Gradienti termici dell'aria nei principali bacini idrografici della Toscana (°C/100 m).

Bacini idrografici	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Bacino del F. Magra	0,63	0,67	0,61	0,43	0,44	0,62	0,51	0,59	0,73	0,81	0,84	0,73	0,63
Bacino del F. Serchio	0,54	0,61	0,63	0,65	0,62	0,58	0,57	0,58	0,57	0,57	0,55	0,51	0,58
Bacino del F. Arno	0,51	0,63	0,61	0,61	0,57	0,56	0,54	0,53	0,59	0,55	0,52	0,52	0,56
Bacino del F. Ombrone gros.	0,49	0,58	0,48	0,49	0,59	0,52	0,48	0,44	0,49	0,53	0,51	0,48	0,51

Tab. 4 - Equazioni delle rette di regressione lineare tra l'altitudine e la temperatura media annua dell'aria nei principali bacini idrografici della Toscana (°C/100 m).

Bacini idrografici	Equazione	r <sup>2</sup>
Bacino del F. Magra	$T = 14,51 - 0,63 \times H$	0,67
Bacino del F. Serchio	$T = 14,85 - 0,58 \times H$	0,98
Bacino del F. Arno	$T = 15,29 - 0,56 \times H$	0,84
Bacino del F. Ombrone gros.	$T = 15,68 - 0,51 \times H$	0,98

corre ad una quota superiore ai 550 metri in Lunigiana, ai 650 metri nella valle del F. Serchio, ai 750 metri nel bacino del F. Arno e agli 800 metri nella Toscana meridionale. L'isoterma dei 9 °C è presente, oltre che sulle parti più elevate dell'Appennino, sulle Alpi Apuane, sul Pratomagno, sulle Colline Metallifere e sul M.te Amiata. L'isoterma dei 7 °C racchiude le aree cacuminali dei rilievi posti a nord del F. Arno. Lungo i crinali dell'Appennino settentrionale, che per lunghi

tratti si sviluppano tra 1.600 e 1700 metri di altitudine, le temperature medie annue sono prossime a 4,5 °C.

## VENTI

La direzione, la frequenza e l'intensità dei venti dipendono dalla posizione, dall'estensione e dall'intensità dei quattro principali centri di azione del tempo agenti sull'Europa continentale e sul Mediterraneo occidentale, quali l'anticiclone delle Azzorre, l'anticiclone sahariano, l'anticiclone siberiano, la depressione afroasiatica e la depressione termica nord-africana. In inverno, quando l'anticiclone delle Azzorre è confinato nell'Atlantico tropicale, sul Mediterraneo si verifica l'ingresso di masse di aria da occidente, attraverso le «porte» di Carcassonne e della valle del Rodano; l'estensione verso latitudini più settentrionali di quest'area anticiclonica determina invece condizioni favorevoli alla discesa di masse di aria di origine artica che, investendo l'arco alpino, originano le depressioni sottovento alla catena alpina sui Golfi del Leone e di Genova. Il protendimento dell'anticiclone siberiano sull'Europa occidentale e la sua saldatura con l'anticiclone delle Azzorre determina flussi atmosferici orientali, che portano sul Mediterraneo aria molto fredda di origine continentale polare. In estate l'anticiclone delle

Azzorre si espande sul Mediterraneo occidentale e determina un campo livellato di alta pressione con venti moderati secondo il tipico regime delle brezze di mare e di valle, queste ultime attive durante la notte sulle coste toscane e particolarmente lungo la costa della Versilia, soprattutto allo sbocco delle valli che scendono dalle Alpi Apuane.

La complessa articolazione morfologica della Toscana influisce in modo determinante sulla direzione dei venti presso il suolo: al Passo della Cisa si registra una forte polarizzazione delle correnti aeree da nord-est e da sud secondo l'orientamento della Val di Magra e della valle del F. Taro (Tab. 5); così come a Rifredo (887 m l.m.m.) presso il valico del Passo del Giogo nel Mugello, dove i venti regnanti provengono da sud-ovest e da nord-est, secondo la direzione del passo perpendicolare al crinale dell'Appennino. Anche Pisa (tab. 5; Fig. 6), causa l'orientamento della bassa valle del F. Arno, è in prevalenza percorsa da venti da occidente (13,4% delle osservazioni) e da oriente (14,6%), con la polarizzazione delle correnti occidentali nel semestre estivo e quella delle correnti orientali nel semestre invernale; tale distribuzione delle frequenze è rinforzata dalle brezze di mare e di terra, e le prime possono spingersi, sia pure attenuate, fino a Firenze (Pina, 1958). Lungo il litorale pisano le brezze sono presenti durante tutto l'anno; al Gombo, presso la foce

Tab. 5 - Frequenza del vento per direzione di provenienza (%) e per classi di velocità (m/s) in alcune stazioni della Toscana e dell'Appennino toscano-emiliano.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calme	%
Passo della Cisa	15,1	27,1	0,6	0,2	33,1	16,1	0,6	0,2	7,1	100
Rifredo	11,9	22,8	0,7	1,1	9,6	31,3	1,2	0,6	20,8	100
Volterra	4,8	18,1	8,1	5,8	10,5	14,1	8,8	5,1	24,8	100
Pisa	1,6	1,7	14,6	8,8	2,2	5,1	13,4	5,5	47,1	100
Siena	10,4	2,9	8,9	5,4	8,9	5,2	4,9	8,5	44,9	100
Radicefani	15,9	14,9	5,2	3,5	31,3	6,3	3,9	9,3	9,7	100
Grosseto	12,5	11,3	5,1	8,5	10,8	11,2	5,4	3,8	31,4	100
Capo Calamita	4,8	9,2	14,1	16,1	6,8	8,8	13,7	14,5	11,9	100
Gorgona	12,3	11,4	7,6	11,2	13,8	4,4	5,5	11,6	22,1	100
Pianosa	12,7	11,9	10,3	6,9	12,4	15,9	8,6	5,6	15,7	100
	Livorno (m/s)									
1-2,6	1,9	9,1	3,8	0,8	5,7	6,7	4,5	1,6	-	34,1
2,7-5,7	1,3	6,5	5,1	1,1	6,1	6,5	6,7	2,1	-	35,4
5,8-10,3	0,1	3,8	3,1	0,1	1,1	4,2	4,7	0,3	-	17,4
> 10,3	0,0	0,3	0,6	0,0	0,5	0,5	1,2	0,0	-	3,1
Calme									10,0	10,0
Totale %	3,3	19,7	12,6	2,0	13,4	17,9	17,1	4,0	10,0	100
	M. Argentario (m/s)									
1-2,6	0,2	0,5	1,3	0,4	0,5	0,9	0,6	0,3	-	4,7
2,7-5,7	10,3	5,6	7,4	12,1	14,4	2,6	1,8	6,1	-	60,3
5,8-10,3	4,3	2,1	1,5	2,8	2,3	0,6	0,7	0,8	-	15,1
> 10,3	1,2	0,9	0,3	0,8	1,4	1,3	1,1	1,6	-	8,6
Calme	-	-	-	-	-	-	-	-	11,4	11,4
Totale %	16,1	8,9	10,5	16,1	18,6	5,4	4,1	8,9	11,4	100

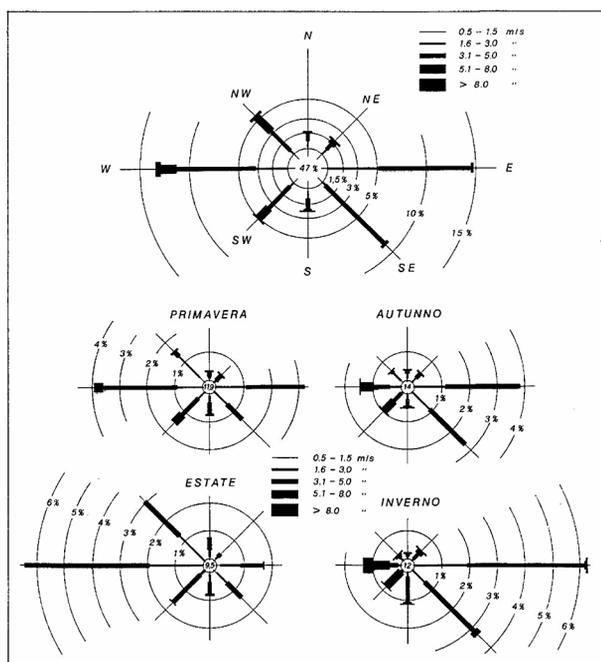


Fig. 6 - Distribuzione stagionale e annua della frequenza del vento per classi di velocità a Pisa.

del F. Morto Nuovo, raggiungono la frequenza più elevata nei mesi estivi (59,8% dei giorni dell'estate) ma sono presenti in autunno (40,7%), in primavera (35,9%) e in inverno (13,3%) (Rapetti & Vittorini, 1978). Meno influenzato dalla morfologia appare l'andamento anemometrico a Volterra, che si eleva sulle basse colline della Val d'Era e della Val di Cecina, poiché le frequenze sono più uniformemente distribuite tra le direzioni della rosa dei venti, come a Livorno, tanto che la distribuzione in queste due località potrebbe essere rappresentativa della ventosità della fascia costiera e della zona delle colline costiere della Toscana centrale. A Grosseto la direzione della media e bassa valle del F. Ombrone, orientata da sud-ovest a nord-est, influisce sull'andamento dei venti, che presentano infatti le frequenze più elevate in direzione del Grecale e del Libeccio. Minore influenza ha invece la morfologia sui venti che spirano a Siena per la sua posizione sopraelevata in un sistema di basse colline. A Radicofani la polarizzazione dei venti da sud e da nord risente dell'orientamento meridiano della valle che separa questa località dal complesso paleovulcanico del M.te Amiata. Al M.te Argentario le frequenze più elevate spettano al Mezzogiorno e a Tramontana (18,6% e 16,0%), ma anche le altre direzioni presentano valori significativi, differendo di poco tra loro.

Le velocità più elevate del vento si registrano sulle maggiori vette e sul crinale principale dell'Appennino settentrionale. Il M.te Cimone è investito da venti di

forte intensità in tutte le stagioni ma in particolare in inverno, quando la velocità media giornaliera oscilla tra 12,5 e 13,5 m/s, con i massimi tra le ore diciotto e le ventiquattro e i minimi intorno alle quindici; in primavera e in autunno le velocità medie si equivalgono, mentre i venti meno intensi sono presenti in estate, quando tuttavia i valori non sono inferiori a 10 m/s nelle ore notturne e 7,5 m/s nel primo pomeriggio (Fig. 7). Sul M.te Cimone le raffiche più intense raggiungono velocità di 50 m/s (Rapetti & Vittorini, 1979), ma venti di forte intensità, seppure più sporadici, interessano anche altri crinali appenninici come il Passo della Cisa ( $V_{max}$ : 42 m/s) e Rifredo ( $V_{max}$ : 36 m/s).

Il litorale toscano è sovente battuto da tempeste di mare alimentate da venti del terzo quadrante, con raffiche che possono superare la velocità di 30 m/s e direzione dominante da sud-ovest (Libeccio). La durata delle «libecciate» è molto variabile, poiché si hanno episodi di poche ore fino ad eventi della persistenza di cinque giorni (Rapetti & Vittorini, 1978).

#### PRECIPITAZIONI TOTALI

Gli afflussi idrometeorici alle latitudini della Toscana sono il prodotto di molteplici e complessi fenomeni atmosferici, legati principalmente alla migrazione meridiana del fronte polare, che in autunno migra verso latitudini meridionali fino all'Africa settentrionale, mentre in primavera e in estate si ritira verso il nord Euro-

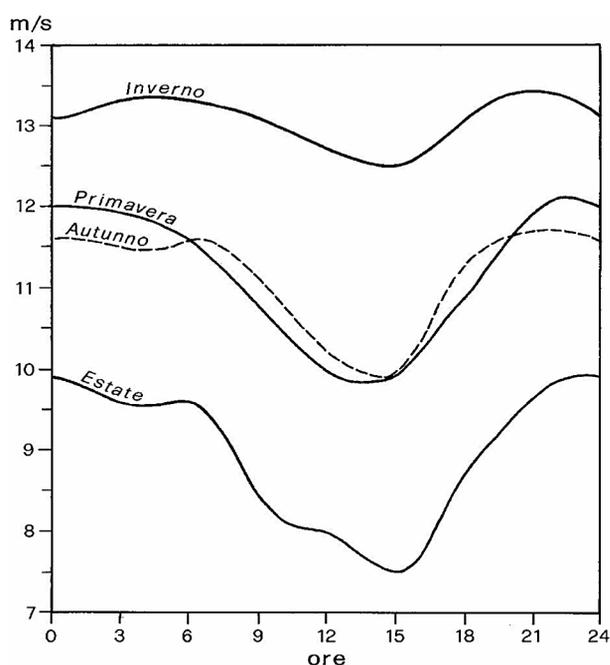


Fig. 7 - Velocità del vento (m/s) nel giorno medio stagionale al M.te Cimone.

pa. Ne deriva un regime pluviometrico bimodale con il massimo principale in autunno o in inverno, mentre in estate, quando il Mediterraneo occidentale è sotto l'azione dell'anticiclone delle Azzorre, è presente una intensa aridità meteorologica. Questo quadro, assai schematico, si riferisce alla circolazione generale dell'atmosfera, ma il massimo secondario invernale, che in Toscana non è infrequente (Rapetti, Vittorini, 1991), può essere spiegato anche dall'attività delle depressioni sottovento alle Alpi che si sviluppano nel golfo di Genova (Ermini, 1954; Montalto *et al.*; Urbani, 1956).

Nelle Alpi Apuane e nell'Appennino settentrionale i fenomeni meteorologici sono rinforzati dall'effetto orografico, poiché il profilo topografico che si sviluppa dalle coste versiliesi al crinale principale dell'Appennino settentrionale, fino alla Pianura padana, ha una lunghezza superiore a cinquanta chilometri ed altimetrie elevate. L'interazione tra la morfologia e le correnti atmosferiche dà luogo a sollevamenti forzati di forte intensità, seguiti da afflussi meteorici eccezionalmente abbondanti, soprattutto nelle Alpi Apuane, dove in alcuni anni le piogge superano 4.000 millimetri.

I quadri sinottici responsabili degli afflussi idrometeorici in Toscana sono complessi e dipendenti dalla stagione in cui si verificano ma è tuttavia possibile una loro rappresentazione schematica attraverso alcuni casi significativi:

- il 12 gennaio 1988 il campo barico in Europa presentava due aree di alta pressione, una localizzata sulla penisola Iberica e l'altra, più intensa, sulla Russia; a queste si contrapponevano due centri di bassa pressione di cui il più marcato stazionava sulla Gran Bretagna e l'altro sul Mare Egeo. Una cella di bassa pressione era presente sul golfo di Genova, associata ad una perturbazione che si distendeva dai Paesi Bassi all'Algeria; i venti al suolo, di origine africana, avevano una marcata componente meridiana (Scirocco) e generarono afflussi diffusi sulla Toscana settentrionale, con le intensità più elevate lungo i versanti occidentali dell'Appennino settentrionale (104 mm a Pontecosi e 62 mm a Castelnuovo di Garfagnana). Più a sud e verso est le precipitazioni furono invece meno abbondanti, come a Firenze (39 mm) e ad Arezzo (11 mm) mentre a Livorno le piogge non superarono 5 millimetri (Fig. 8).
- il 3 gennaio 1988 il campo barico presentava due celle di alta pressione, una sull'Atlantico, ad ovest di Gibilterra, e l'altra sulla Turchia, mentre da una vasta e profonda depressione sulla Scandinavia giungevano impulsi di aria polare marittima sull'Europa centro-meridionale e un fronte freddo che procedeva da nord-ovest a sud-est investiva l'Italia settentrionale con venti che spiravano tra ovest e sud-ovest (Fig. 9). Tale situazione provocava precipita-

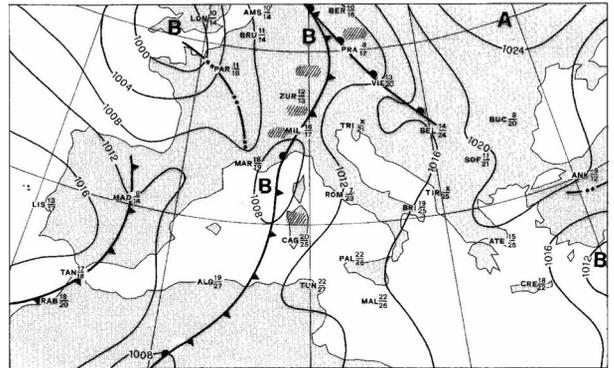


Fig. 8 - Carta sinottica del 12 gennaio 1988.

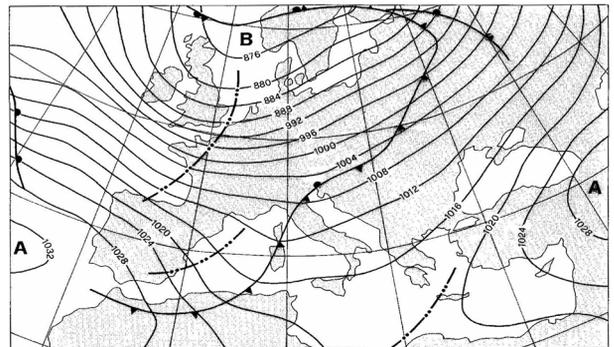


Fig. 9 - Carta sinottica del 3 gennaio 1988.

zioni circoscritte all'Appennino settentrionale fino al pedemonte pistoiese; in questa fascia di territorio le piogge furono comprese tra i 126 mm di Campagrina e i 31 mm di Pistoia, mentre più a sud e ad ovest gli afflussi furono trascurabili (2,6 mm a Pisa; 1,6 mm a Livorno; 0,2 mm ad Arezzo).

- il 31 maggio 1989 una perturbazione proveniente da nord-ovest interessò le regioni settentrionali apportando condizioni di marcata instabilità, favorita dall'arrivo di aria fresca dalla valle del Rodano e di aria calda da sud. La pressione era generalmente livellata, ma era presente una debole depressione sul golfo di Genova, associata ad un fronte occluso sulla Liguria e sulla Toscana settentrionale. Al confine tra le due regioni si verificarono piogge leggere e persistenti, ma localmente si ebbero temporali anche di forte intensità; a Campagrina, tra il 31 maggio e l'1 giugno, caddero 222 mm di pioggia mentre nelle restanti località appenniniche gli afflussi furono moderati e sul resto della Toscana scarsi o nulli. L'evento di Campagrina si può ascrivere ai fenomeni temporaleschi di forte intensità non infrequenti nelle Alpi Apuane tra la fine della primavera e l'inizio dell'estate (Fig. 10).

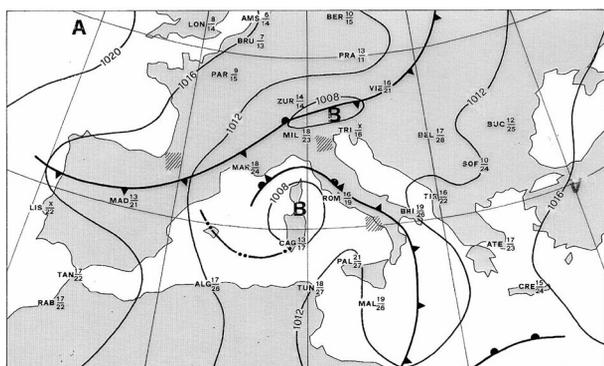


Fig. 10 - Carta sinottica del 31 maggio 1988.

### Distribuzione delle precipitazioni totali

La distribuzione delle precipitazioni è caratterizzata da una elevata variabilità spaziale, poiché nell'Appennino settentrionale e nelle Alpi Apuane sono copiose ed intense, nella Toscana centrale sono moderate e oscillano tra 800 e 1.000 mm annui, nella Toscana meridionale sono comprese tra 600 e 900 mm mentre nell'Arcipelago toscano, dove la siccità meteorologica può raggiungere i valori caratteristici delle zone semiaride mediterranee, possono risultare inferiori a 600 mm (Fig. 11).

La stazione più piovosa è Campagrina nelle Alpi Apuane, con la media annua normale di 3.111 mm ed estremi di 4.731 mm nel 1960 e di 2.109 mm nel 1956. La località meno piovosa della Toscana continentale è San Leopoldo (Maremma) con la media annua di 583 mm ed estremi di 894 mm (1979) e di 355 mm (1958); la piovosità più bassa si registra all'isola di Pianosa dove la media annua è di 406 mm con estremi di 598 mm (1972) e di 184 mm (1965).

I valori massimi della piovosità sono tuttavia incerti per la carenza di stazioni pluviometriche in alta quota; su un totale di circa trecento stazioni pluviometriche soltanto sette superano infatti 1.000 m di altitudine e nessuna i 1.518 m di S. Pellegrino in Alpe (dati 1985); per la loro stima si è perciò fatto ricorso ai gradienti pluviometrici (Tabb. 6, 7) (Rapetti & Vittorini, 1989). Le isoiete dei 2.500 e dei 2.000 millimetri delimitano le altitudini più elevate della Val di Lima e delle Alpi Apuane (Fig. 11); l'isoieta dei 1.500 mm, che abbraccia aree più estese, bordeggia, salvo qualche breve interruzione, il crinale principale dell'Appennino settentrionale fino all'Alpe di San Benedetto e circonda le sommità del Pratomagno e del M.te Amiata; l'isoieta dei 1.000 mm delimita, ad iniziare dall'alta Versilia, la parte settentrionale del bacino idrografico del F. Arno con limite meridionale lungo il corso del fiume, per ricomparire nella parte centro-meridionale della Regione, nei M.ti del Chianti, nelle Colline Metallifere, nel

Tab. 6 - Gradienti pluviometrici (mm/100 m) in alcuni bacini idrografici della Toscana

Bacini idrografici	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
<i>Bacino del F. Serchio (versante apuano):</i> Galliciano (186 m) Campagrina (850 m)	25,5	18,6	15,7	14,4	12,1	7,9	4,4	3,9	7,0	13,2	13,6	16,6	254,5
<i>Bacino del F. Serchio (versante appenninico):</i> Castelnuovo G. (276 m) - S. Pellegrino in Alpe (1.525 m)	3,6	5,5	3,5	3,2	2,9	2,1	1,5	0,1	-0,2	6,4	0,5	9,5	38,4
<i>Bacino del T. Lima</i> Sperando (470 m) - Boscolungo (1.340)	6,5	5,8	8,6	4,7	9,2	6,3	2,8	2,9	5,2	11,4	9,2	13,9	88,8
<i>Bacino del F. Arno</i> dalla costa a Camaldoli (1.111 m).	5,1	5,5	5,8	6,1	5,1	3,8	2,7	2,6	1,7	3,5	7,1	6,4	55,2

Tab. 7 - Equazioni delle rette di regressione lineare tra le precipitazioni medie annue e l'altitudine nei principali bacini idrografici della Toscana (mm/100 m).

Bacini idrografici	Equazione	r <sup>2</sup>
Bacino del F. Magra	$P = 1.450 + 71 \times H$	0,45
Bacino del F. Serchio*	$P = 878 + 255 \times H$	0,81
Bacino del F. Serchio**	$P = 1.396 + 35 \times H$	0,43
Bacino del T. Lima	$P = 1.422 + 89 \times H$	0,94
Bacino del F. Arno	$P = 853 + 55 \times H$	0,83
Bacino del F. Ombrone gros.	$P = 646 + 56 \times H$	0,62

\* versante apuano \*\* versante appenninico H = ettometri

M.te Amiata e in una piccola area sotto la cima del M.te Capanne all'isola d'Elba. A sud del corso del F. Arno il valore delle isoiete varia dai 900 mm della parte centrale della Regione ai 600 mm del promontorio di Piombino, del M.te Argentario e della bassa pianura del F. Ombrone grossetano.

L'andamento descritto si riferisce alle isoiete medie annue, mentre è di notevole interesse teorico e applicativo lo studio della loro variabilità interannuale, che può essere rappresentata dalle isoiete relative al decile superiore (D<sub>9</sub>) (Carta D della Carta climatica) e dal decile inferiore (D<sub>1</sub>) (Carta E). Il decile superiore indica

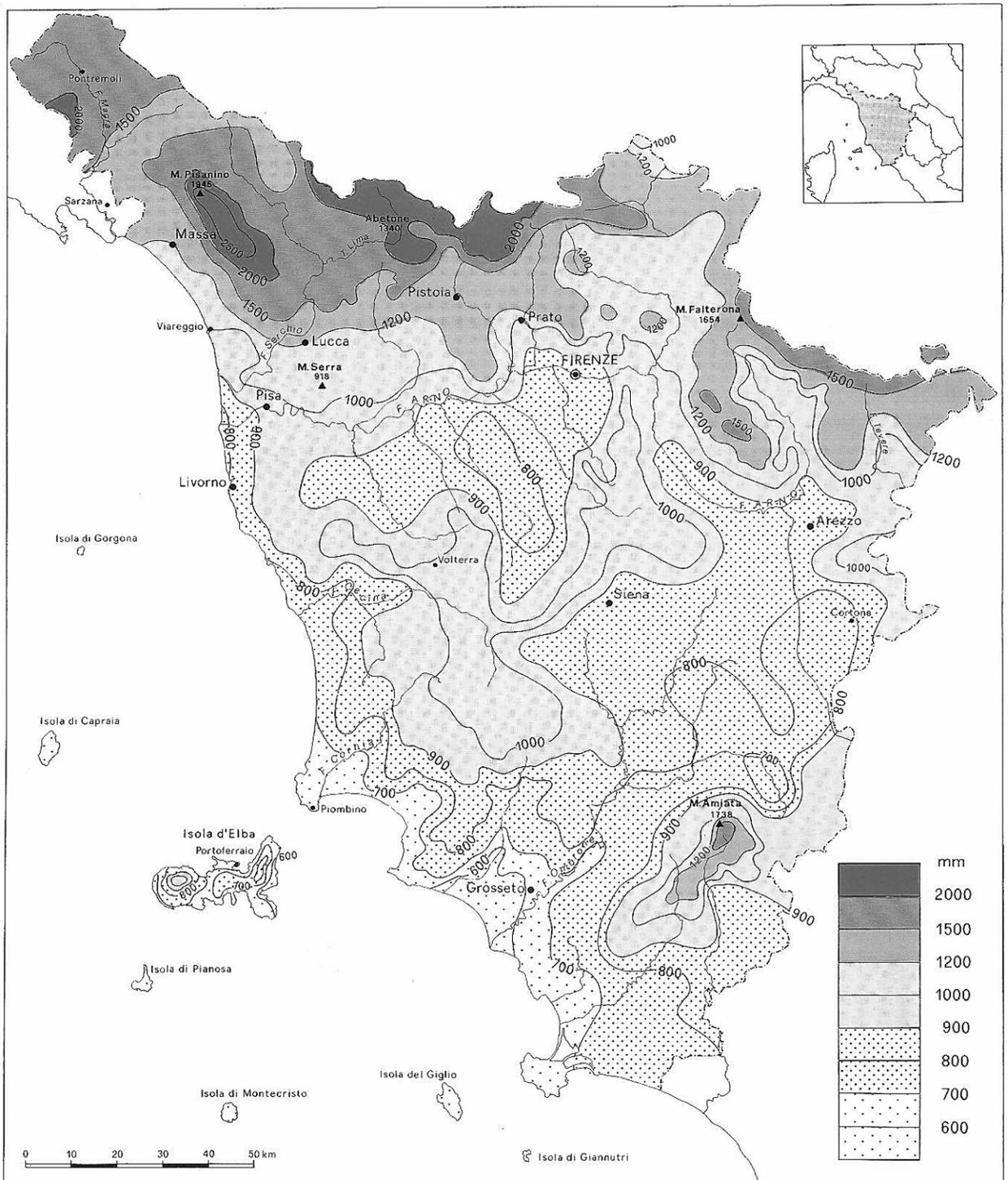


Fig. 11 - Carta delle precipitazioni medie annue in Toscana (1956-1985).

la quantità di pioggia che si verifica in media un anno su dieci; il decile inferiore quella che si verifica nove anni su dieci. Il rapporto  $D_9/D_1$ , calcolato per ciascuna stazione della Toscana risulta di valore prossimo a 1,7:

nel 20% delle stazioni il valore è compreso tra 1,8 e 2,1 e circa altrettante rientrano nell'intervallo 1,6-1,4. La distribuzione geografica del rapporto  $D_9/D_1$  non presenta aree sufficientemente estese con una concen-

trazione di valori superiori o inferiori alla media. Il valore medio del rapporto  $D_9/D_1$  si discosta, sia pure di poco, da quello dell'Europa occidentale che si aggira intorno a 1,5 (Équipe de Recherche N° 30 du C.N.R.S., 1981). I valori più elevati del decile superiore sono localizzati nelle Alpi Apuane dove si sfiorano i 4.000 mm all'anno e nell'alta Val di Lima dove si superano i 3.100 mm. Lungo la valle del F. Arno i valori sono compresi tra 1.300 e 1.000 mm; nella Toscana meridionale il decile superiore è prossimo agli 800 mm, come a Grosseto (816 mm); nelle isole dell'Arcipelago i valori sono compresi tra i 793 mm dell'isola del Giglio e i 514 mm dell'isola di Pianosa. Per il decile inferiore, procedendo dai valori massimi ai minimi, si osserva un'analoga distribuzione geografica con gli estremi compresi tra i 2.321 mm di Campagrina, i 374 mm di San Leopoldo e i 262 mm dell'isola di Pianosa.

#### NUMERO DI GIORNI PIOVOSI E INTENSITÀ DELLE PRECIPITAZIONI

Il numero di giorni piovosi ( $P \geq 1$  mm/giorno) presenta una distribuzione conforme a quella della quantità delle precipitazioni. Il valore massimo si registra nell'Appennino settentrionale, nelle Alpi Apuane e nel Pratomagno, con 133 giorni a Boscolungo, 132 a Campagrina, 136 a Camaldoli; nella fascia costiera i giorni piovosi diminuiscono da nord a sud, poiché si registrano 89 giorni a Marinella e 61 di San Leopoldo, mentre nelle isole dell'Arcipelago si scende fino ai 39 giorni di Pianosa. Nella Toscana centrale il valore oscilla tra 90 e 105 giorni, con 96 giorni a Volterra, 91 a S. Giovanni Valdarno, 94 a Cortona. Il massimo numero di giorni piovosi si verifica in autunno o in inverno, seguono la primavera e l'estate (Fig. 12).

Le massime intensità pluviometriche annue (mm/g.p./anno) interessano le stazioni poste nei rilievi nord-occidentali, come Campagrina (24 mm/g.p.), Pian di Novello (23 mm/g.p.), Boscolungo (19 mm/g.p.). L'intensità pluviometrica ai piedi dei rilievi settentrionali assume valori compresi tra i 10 e 15 mm/g.p.; nella Toscana centro-meridionale si registrano 8-10 mm/g.p., come lungo le coste delle isole dell'Arcipelago (Carta C nella Carta climatica).

#### REGIMI PLUVIOMETRICI

Il regime pluviometrico stagionale ha il massimo principale in autunno, seguono l'inverno, la primavera e l'estate (Pinna, Vittorini, 1989) (Tab. 8).

A Livorno prevale nettamente il massimo in autunno (37,8%), seguito dall'inverno (27,2%); i luoghi più interni, come Cortona, presentano il regime *sublitoraneo* (APIE). Poco frequente nella Toscana continentale è il

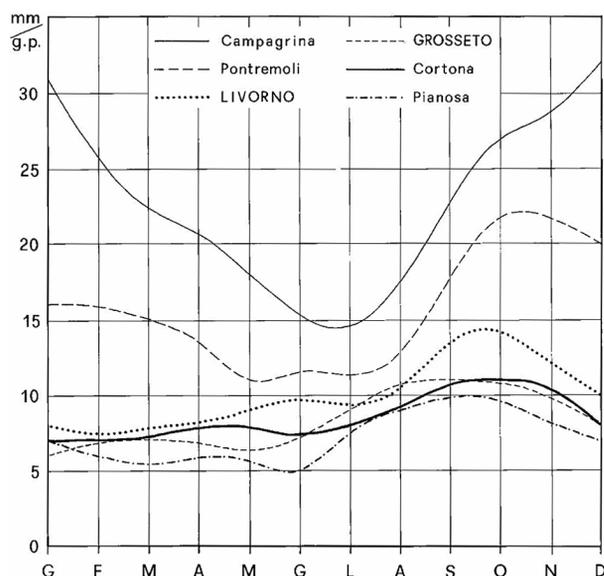


Fig. 12 - Regime mensile del numero di giorni piovosi in alcune località della Toscana (1956-1985).

regime mediterraneo (IAPE), singolarmente presente a Campagrina (Fig. 13). Nei singoli anni possono verificarsi regimi anomali: a Boscolungo, ad esempio, sono stati osservati i regimi «sublitoraneo», «submediterraneo», «mediterraneo» ed altri con frequenze estremamente basse (Rapetti & Vittorini, 1988).

Lo studio dei cataloghi ultracentenari di undici stazioni della Toscana mostra una variazione del regime stagionale: tra il 1889 e 1936 è stato prevalente il regime «sublitoraneo» (APIE), cui ha fatto seguito tra il 1937 e il 1990 il regime «submediterraneo» (AIPE) (Rapetti & Vittorini, 1990).

#### Precipitazioni nevose

Il basso numero di stazioni nivometriche, soprattutto alle quote più elevate dei rilievi e nel settore centro-meridionale della Toscana, rende difficile una stima degli spessori di neve caduta al suolo, con ripercussio-

Tab. 8 - Regimi pluviometrici stagionali (%) in alcune stazioni della Toscana.

Stazioni	autunno	inverno	primavera	estate	Anno	Tipo di regime
Pontremoli	35,9	29,7	22,1	12,1	1.708	<i>submediterraneo</i>
Campagrina	28,5	35,6	24,3	11,6	3.111	<i>mediterraneo</i>
Firenze	31,5	26,3	24,7	17,5	799	<i>submediterraneo</i>
Cortona	32,4	24,9	26,2	16,4	786	<i>sublitoraneo</i>
Livorno	37,8	27,2	22,8	12,1	778	<i>submediterraneo</i>
Siena	33,8	26,2	25,2	14,8	786	<i>submediterraneo</i>
Grosseto	34,8	28,7	24,7	11,6	623	<i>submediterraneo</i>
Isola del Giglio	29,3	35,2	23,7	11,8	570	<i>mediterraneo</i>
Isola di Pianosa	34,5	32,3	23,3	9,9	403	<i>submediterraneo</i>

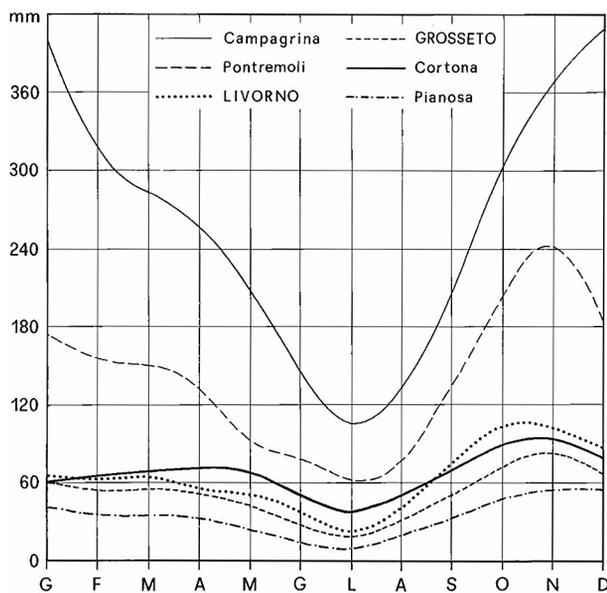


Fig. 13 - Regime pluviometrico in alcune località della Toscana (1956-1985).

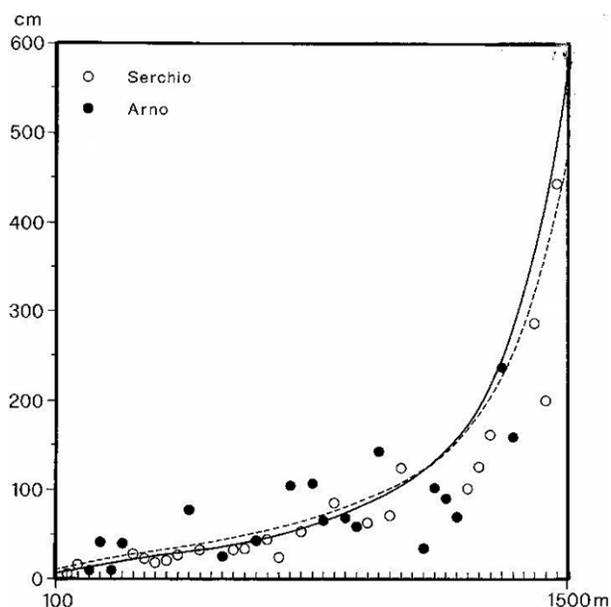


Fig. 14 - Curva della regressione tra lo spessore annuo della neve caduta (cm) e l'altitudine nei bacini idrografici del F. Serchio e del F. Arno (1971-1980).

ni negative circa la conoscenza dei contributi idrici derivanti dallo scioglimento della neve, particolarmente importanti nel corso di grandi eventi pluviometrici che di frequente interessano la Regione dal tardo autunno all'inizio dell'inverno.

Le precipitazioni nevose, oltre a dipendere dalla distanza dal mare, sono correlate principalmente all'altitudine dei rilievi, poiché all'aumentare di questa la temperatura dell'aria diminuisce con legge quasi lineare mentre le precipitazioni si accrescono più che linearmente. L'effetto combinato dei due andamenti determina un incremento esponenziale dei principali parametri della nevosità, quali lo spessore annuo del manto nevoso, il numero dei giorni nevosi e la durata della copertura nevosa del suolo.

La correlazione tra lo spessore annuo della neve caduta e l'altitudine ( $A_n$ ) è espressa dall'equazione  $\text{Log } A_n = m + n \times H$  (Fig. 14). Nel bacino idrografico del F. Serchio il coefficiente di determinazione ha un valore molto elevato ( $r^2 = 0,92$ ) in confronto al valore del bacino idrografico dell'Arno ( $r^2 = 0,60$ ) (Tab. 9). Tale differenza, presente in tutti i parametri della nevosità, può dipendere dall'estensione dei due bacini idrografici, dalla loro articolazione geografica e dalla loro quota media, pari rispettivamente a 717 m e 353 m l.m.m..

La correlazione tra il numero annuo di giorni nevosi e l'altitudine ( $G_n$ ) è espressa dall'equazione  $\text{Log } G_n = m + n \times H$ . Nel bacino del F. Arno il numero di giorni nevosi dipende principalmente dalla distanza dal mare, infatti nel M.te Serra (918 m l.m.m.), nel gruppo del Monte Pisano, ad appena quindici chilometri dal ma-

Tab. 9 - Equazioni della correlazione tra alcuni parametri nivometrici caratteristici e l'altitudine.

correlazione tra lo spessore annuo del manto nevoso e l'altitudine		
Bacino del F. Serchio	$\text{Log } A_n = 0,66 + 0,14 \times H$	$r^2 = 0,92$
Bacino del F. Arno	$\text{Log } A_n = 0,88 + 0,12 \times H$	$r^2 = 0,60$
correlazione tra il numero di giorni nevosi e l'altitudine		
Bacino del F. Serchio	$\text{Log } G_n = 0,66 + 0,14 \times H$	$r^2 = 0,90$
Bacino del F. Arno	$\text{Log } G_n = 0,13 + 0,09 \times H$	$r^2 = 0,53$
correlazione tra il numero di giorni di permanenza di neve al suolo e l'altitudine		
Bacino del F. Serchio	$\text{Log } N_n = 0,35 + 0,13 \times H$	$r^2 = 0,88$
Bacino del F. Arno	$\text{Log } N_n = 0,43 + 0,09 \times H$	$r^2 = 0,30$

re, sono stati registrati 2,6 giorni nevosi di media all'anno mentre a Vallombrosa (955 m l.m.m.) e a Camaldoli (1.111 m l.m.m.), distanti circa cento chilometri dalla costa, rispettivamente 12,6 e 26,3 giorni (Fig. 15; Tab. 9).

La correlazione tra la durata annua della copertura nevosa del suolo ( $N_n$ ) e l'altitudine è espressa dall'equazione  $\text{Log } N_n = m + n \times H$ . La stazione di Boscolungo presenta l'innevamento più duraturo con 158 giorni di media all'anno; sul M.te Serra il valore medio della permanenza della neve è stato di 2,8 giorni (Fig. 16; Tab. 9). Nell'Appennino toscano la neve cade normalmente da novembre ad aprile, ma alle quote più elevate e in alcuni anni particolarmente nevosi possono verificarsi nevicate in ottobre e in maggio; solo nelle parti caccinimali si registrano rari casi di nevicate in settembre e in giugno.

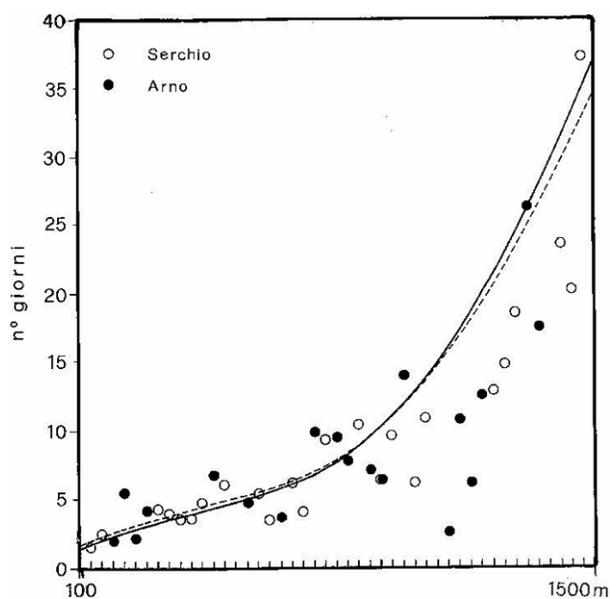


Fig. 15 - Curva della regressione tra il numero di giorni nevosi e l'altitudine nei bacini idrografici del F. Serchio e del F. Arno (1971-1980).

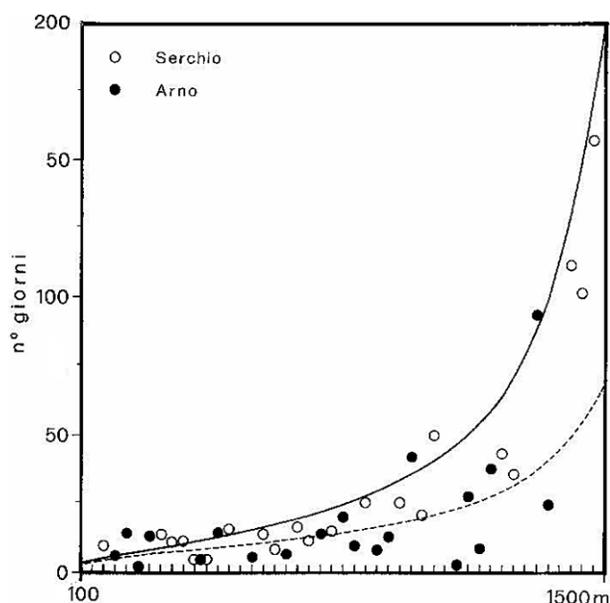


Fig. 16 - Curva della regressione tra il numero di giorni di permanenza della neve al suolo e l'altitudine nei bacini idrografici del F. Serchio e del F. Arno (1971-1980).

Nelle Figure 17 A, B si confrontano le precipitazioni nevose (centimetri) con le precipitazioni totali (millimetri) nelle stazioni di Boscolungo e di Castelnuovo di Garfagnana: nella prima località si hanno otto mesi di precipitazioni nevose, con il massimo in gennaio; a Ca-

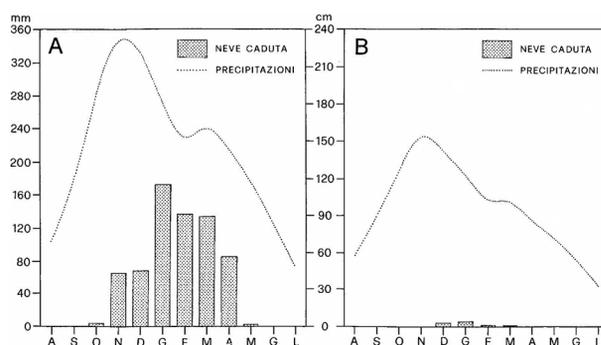


Fig. 17 - Regime mensile delle precipitazioni nevose in rapporto alle precipitazioni totali a Boscolungo (A) e a Castelnuovo di Garfagnana (B).

stelnuovo di Garfagnana la maggior parte della neve cade in dicembre e in gennaio. Il rapporto tra le precipitazioni totali e l'equivalente in acqua degli afflussi nevosi è del 27,7% a Boscolungo e dell'1,5% a Castelnuovo di Garfagnana.

La nevosità presenta una forte variabilità interannuale: a Boscolungo il massimo spessore della neve caduta si è verificato nel biennio 1979-1980, i valori minimi nel 1974 e nel 1982. I periodi più lunghi di permanenza della neve al suolo sono stati osservati nel 1941 (199 giorni) e nel 1980 (200 giorni), i valori minimi nel 1948 (94 giorni) e nel 1955 (91 giorni). Il numero massimo e minimo di giorni con precipitazioni nevose si sono verificati nel 1941 (58 giorni) e nel 1948 (15 giorni).

#### FATTORI CLIMATICI LIMITANTI

Le condizioni climatiche hanno stretta influenza sullo sviluppo delle coperture vegetali, fino a determinarne il grave stato di sofferenza quando vengano sottoposte a condizioni termiche o di siccità limite. Negli studi di botanica forestale si ammette che la temperatura media mensile dell'aria costituisca fattore limitante per il pieno sviluppo del bosco per valori inferiori a 7 °C mentre è ben noto l'effetto dell'aridità meteorologica sullo stato di salute delle piante, qui definita secondo il criterio di Gausson (1952), che considera aridi i mesi nei quali le precipitazioni (in millimetri) siano inferiori o al massimo uguali al doppio della temperatura dell'aria (in °C).

Il numero dei mesi freddi (righe grigie della Carta climatica) è compreso tra zero e sette. La classe sei-sette mesi freddi è presente in aree limitate lungo il crinale principale dell'Appennino settentrionale, dal P.sso della Cisa in alta Lunigiana al Lago Scaffaiolo nell'alto Appennino pistoiese. La classe quattro-cinque mesi freddi si snoda lungo le fasce più elevate dei versanti dell'Appennino settentrionale fino al Casentino, delle

Alpi Apuane, del Pratomagno, del M.te Amiata; è presente nelle aree cacuminali del M.te Pisano, delle Colline Metallifere, del M.te Capanne. La classe due-tre mesi freddi interessa tutta l'area collinare della Toscana centro-orientale oltre la quota di 400 metri. La fascia costiera, per una profondità variabile in relazione alla latitudine e all'estensione delle pianure, rientra nella classe 0-1 mesi freddi.

Il numero di mesi aridi (righe arancione della Carta climatica) è compreso tra zero e tre nella Toscana centro-settentrionale e tra zero e cinque nella Toscana centro-meridionale e insulare. I mesi aridi sono assenti lungo i crinali e nelle fasce più elevate dei versanti dell'Appennino fino al Mugello, così come nell'Appennino casentino, nel Pratomagno, nelle Alpi Apuane, nei M.ti del Chianti e nel M.te Amiata. La maggior parte del territorio regionale restante, che comprende le valli del F. Arno e dei suoi principali affluenti, le Colline Metallifere, la porzione centro-orientale della Toscana e la regione amiatina, è interessata da un mese arido. Lungo la fascia costiera, da Viareggio a Capalbio, si verificano due o tre mesi aridi, se si eccettua la bassa pianura del F. Ombrone grossetano dove la siccità è di quattro mesi. La siccità più duratura è presente tuttavia nelle isole dell'Arcipelago toscano dove nelle aree costiere si registrano fino a cinque mesi aridi.

#### EVENTI TERMICI ECCEZIONALI

Le temperature medie offrono un quadro parziale dello stato termico dell'atmosfera presso il suolo mentre una migliore definizione del clima termico locale si ottiene prendendo in considerazione anche i giorni molto freddi o molto caldi, come i «giorni con gelo» ( $T_{\min} \leq 0^\circ\text{C}$ ), i «giorni senza disgelo» ( $T_{\max} \leq 0^\circ\text{C}$ ), i «giorni tropicali» ( $T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$ ), i giorni con  $T_{\max} \geq 35^\circ\text{C}$ , mentre la concentrazione temporale degli episodi di freddo e di caldo viene indicata dal numero di giorni consecutivi nei quali sono presenti tali condizioni termiche.

Il numero medio annuo dei giorni con gelo ( $T_{\min} \leq 0^\circ\text{C}$ ) aumenta con la distanza dal mare e l'altitudine: a Viareggio si registrano 13,1 giorni, a Firenze 22,0, a Siena 22,8, a Cortona 24,5, a Castel del Piano 39,9 giorni, a Boscolungo 127,9. Nelle stazioni di pianura e di collina i valori più elevati sono prossimi a 50 giorni, ma raggiungono 74 giorni a Castel del Piano (1981) e 177 giorni a Boscolungo; le durate annue più brevi variano da zero a cinque giorni nelle pianure costiere, mentre a Boscolungo non scendono sotto i 75 giorni (1964) (Tab. 10).

I giorni di gelo nella Toscana pianiziale e collinare sono molto rari poiché i massimi annui sono compresi tra 2 giorni a Viareggio e a Pisa, 8 giorni a Firenze e 77 giorni a Boscolungo. I giorni consecutivi di gelo sono compresi tra i 2 giorni di Pisa (1985), i 5 di Firenze (1985), gli 8 di Siena (1985) e i 30 di Boscolungo (1985) (Tab. 10).

Nelle stazioni pianiziali e di bassa collina le temperature più basse mai registrate in Toscana dall'inizio delle osservazioni furono raggiunte nel gennaio 1985 con  $-23,5^\circ\text{C}$  a Empoli (38 m l.m.m.),  $-19,5^\circ\text{C}$  a Poggibonsi (241 m l.m.m.),  $-17,0^\circ\text{C}$  a Pontedera (Fig. 17; Tab. 12), mentre nell'alto Appennino, a causa di una inversione termica, le minime furono molto basse ma non straordinarie ( $-20,4^\circ\text{C}$  a Boscolungo e  $-15,6^\circ\text{C}$  a Vallombrosa). Lungo la costa a sud di Livorno e nelle isole dell'Arcipelago toscano le minime furono sensibilmente mitigate del mare poiché si verificarono  $-7,0^\circ\text{C}$  a Livorno,  $-3,5^\circ\text{C}$  nell'isola di Pianosa e  $-7,0^\circ\text{C}$  sul M.te Calamita nell'isola d'Elba (Rapetti & Vittorini, 1986) (Fig. 18).

Il numero medio annuo di giorni tropicali ( $T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$ ) aumenta dalla costa verso l'interno, infatti se ne sono verificati 14,9 a Viareggio, 47,4 a Firenze, 58,7 a Cortona. I giorni con  $T_{\max} \geq 35^\circ\text{C}$  sono piuttosto rari, anche se a Cortona e a Siena si sono raggiunti 39 giorni nel 1971 e 34 nel 1946 (Tab. 11).

Le temperature massime assolute hanno superato in anni e località diversi  $40,0^\circ\text{C}$ , come a Larderello ( $45,0^\circ\text{C}$ , 27 luglio 1983), Castelnuovo di Garfagnana ( $43,0^\circ\text{C}$ , 27 luglio 1983), Volterra ( $42,0^\circ\text{C}$ , 27 luglio 1983) (Tab. 12, Fig. 19).

Tab. 10 - Numero medio, massimo e minimo annuo dei giorni totali e dei giorni consecutivi con gelo e di gelo in alcune località della Toscana (1929-1987).

Stazioni	Totali						Consecutivi					
	giorni con gelo ( $T_{\min} \leq 0^\circ\text{C}$ )			giorni di gelo ( $T_{\max} \leq 0^\circ\text{C}$ )			consecutivi con gelo			consecutivi di gelo		
	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min
Boscolungo	127,9	177 ('56)	75 ('64)	35,2	77 ('29)	6 ('61)	35,4	90 ('29)	14 ('62)	10,6	30 ('85)	2 ('69)
Viareggio	13,1	44 ('81)	1 (vari)	0,0	2 ('29)	0 (vari)	4,4	11 ('85)	1 (vari)	0,0	2 ('29)	0 (vari)
Pisa	23,4	51 ('56)	5 ('72)	0,1	2 ('85)	0 (vari)	6,9	26 ('63)	1 ('70)	0,1	2 ('85)	0 (vari)
Cortona	25,4	60 ('29)	5 ('74)	0,7	5 ('40)	0 (vari)	7,7	22 ('63)	1 ('74)	0,5	3 ('38)	0 (vari)
Firenze	22,0	51 ('40)	4 ('74)	0,5	8 ('56)	0 (vari)	6,4	26 ('63)	1 ('84)	0,3	5 ('85)	0 (vari)
Siena	22,8	50 ('29)	0 ('30)	1,7	17 ('63)	0 (vari)	7,9	25 ('56)	0 ('30)	1,2	8 ('85)	0 (vari)

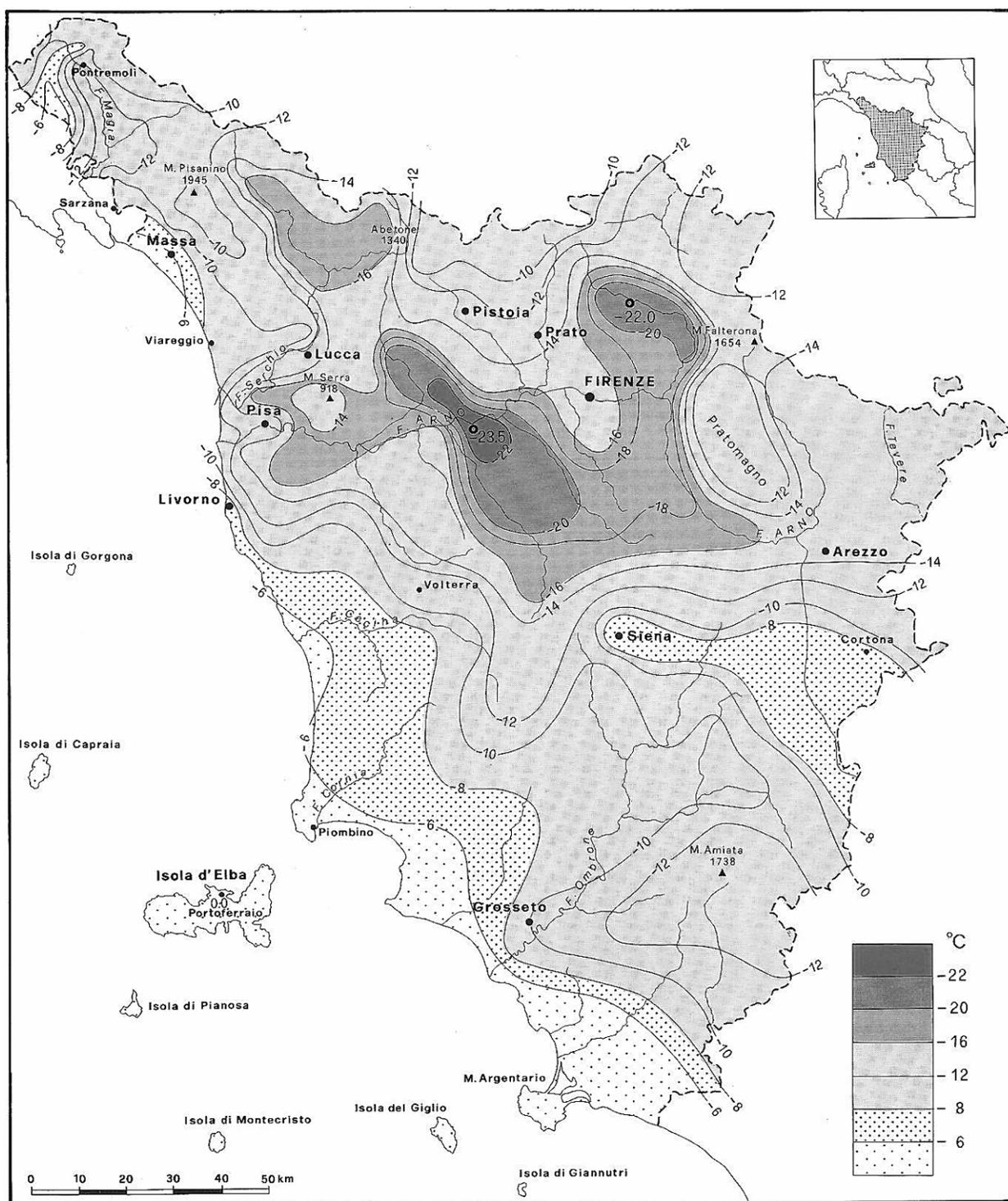


Fig. 18 - Temperature minime assolute dell'aria in Toscana (11 gennaio 1985).

#### EVENTI PLUVIOMETRICI ECCEZIONALI

Gli eventi pluviometrici di breve durata e di forte intensità, concentrati in ambiti territoriali ristretti, indi-

cati con il termine «cloudburst», hanno una grande importanza in numerosi campi di applicazione, poiché sono responsabili principali del dissesto idrogeologico e delle piene fluviali. Tali eventi non sono infrequenti

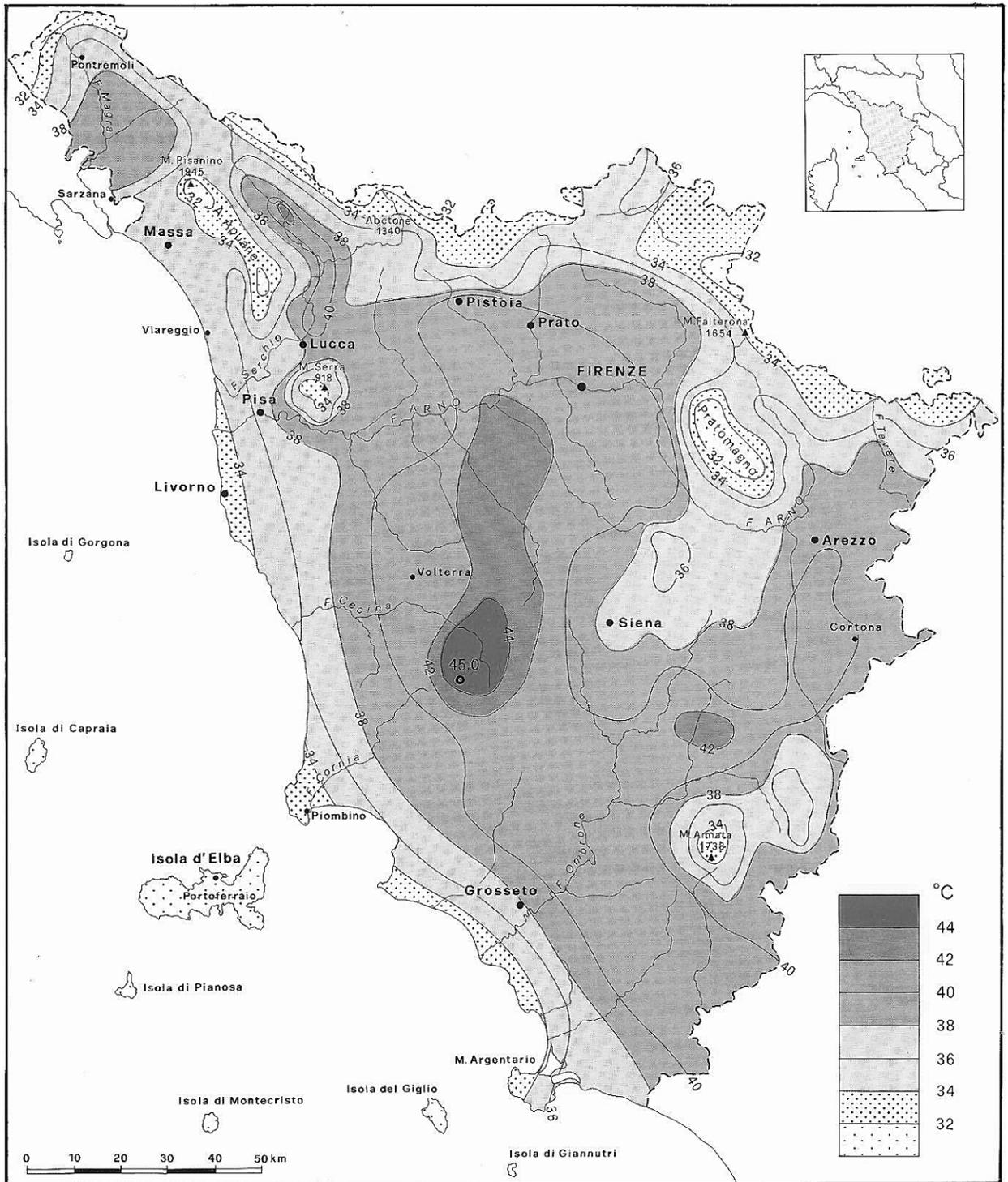


Fig. 19 - Temperature massime assolute in Toscana (27 luglio 1983).

in Toscana, soprattutto nell'area nord-occidentale al confine con la Liguria dove l'effetto orografico è molto intenso; tuttavia, sia pure con una bassa frequenza, possono interessare anche altre aree della Regione, co-

me occorre a Micciano (473 m l.m.m., Pomarance) e a Sassa (366 m l.m.m., Montecatini Val di Cecina) dove si ricordano i 440 e 410 mm caduti il 29 settembre 1930 (Ufficio Idrografico di Pisa, Annali Idrologici).

Tab. 11 - Numero medio, massimo e minimo annuo dei giorni totali e dei giorni consecutivi con temperatura massima diurna maggiore di 30 e di 35 °C (1929-1987).

	Totali						Consecutivi					
	T <sub>max</sub> ≥ 30 °C			T <sub>max</sub> ≥ 35 °C			T <sub>max</sub> ≥ 30 °C			T <sub>max</sub> ≥ 35 °C		
Stazioni	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min
Boscungo	0,3	6 ('29)	0 (vari)	–	–	–	0,2	3 ('66)	0 (vari)	–	–	–
Viareggio	14,9	58 ('879)	0 (vari)	0,4	7 ('83)	0 (vari)	5,4	25 ('83)	0 (vari)	0,3	7 ('83)	0 (vari)
Pisa	33,4	65 ('29)	5 ('66)	1,7	20 ('47)	0 (8vari)	11,8	36 ('639)	1 ('77)	1,0	6 ('52)	0 (vari)
Cortona	58,7	94 ('85)	22 ('48)	11,4	39 ('71)	0 (vari)	19,0	48 ('62)	4 ('40)	5,1	18 ('46)	0 (vari)
Firenze	47,4	85 ('45)	9 ('40)	5,4	29 ('45)	0 (vari)	14,8	36 ('50)	2 ('40)	3,1	18 ('45)	0 (vari)
Siena	27,5	98 ('45)	1 ('40)	2,5	34 ('46)	0 (vari)	8,7	39 ('47)	1 ('40)	0,9	7 ('52)	0 (vari)

Tabella 12 - Valori estremi della temperatura dell'aria in Toscana (1929-1985).

Stazioni	Quota (m)	T min	Tmax
Massa	65	-6,9 (I 1985)	39,0 (VII 1929)
Viareggio	3	-8,7 (I 1985)	37,0 (VIII 1930)
Castelnuovo Garf.	276	-18,2 (I 1985)	43,0 (VII 1983)
Boscungo	1.340	-20,4 (II 1956)	31,5 (VII 1983)
San Marcello Pist.	625	-11,7 (II 1940)	38,0 (VII 1983)
Lucca	20	-13,4 (I 1985)	39,5 (VII 1983)
Pisa	6	-12,8 (I 1985)	39,5 (VIII 1943)
Camaldoli	1.111	-20,2 (I 1947)	35,6 (VII 1983)
Montepulciano	605	-14,0 (I 1985)	40,8 (VI 1935)
Cortona	393	-10,5 (I 1985)	42,5 (VII 1952)
Arezzo	277	-14,5 (I 1985)	42,0 (VIII 1974)
Vallombrosa	955	-15,6 (I 1985)	35,5 (VIII 1931)
Firenze Ximen.	79	-11,0 (I 1985)	41,6 (VII 1983)
Empoli	38	-23,5 (I 1985)	42,0 (VII 1983)
Prato	74	-13,8 (I 1985)	41,0 (date varie)
Pistoia	88	-13,0 (I 1985)	43,4 (VII 1983)
Poggibonsi	241	-19,5 (I 1985)	42,3 (VII 1947)
San Miniato	137	-12,1 (I 1985)	41,0 (VIII 1943)
Pescia	81	-13,0 (I 1985)	40,0 (VII 1945)
Volterra	500	-11,8 (II 1929)	42,0 (VII 1983)
Livorno	3	-7,2 (II 1929)	37,0 (date varie)
Bibbona	160	-9,0 (II 1956)	41,6 (VII 1952)
Larderello	400	-11,2 (I 1985)	45,0 (VII 1983)
Massa Marittima	370	-12,0 (1963)	40,0 (date varie)
Grosseto	8	-13,4 (I 1985)	41,5 (VIII 1943)
Siena	369	-10,0 (II 1929)	38,6 (VII 1983)
Pienza	499	-11,5 (XII 1940)	39,0 (VIII 1974)
Castel del Piano	639	-13,4 (I 1985)	37,2 (VII 1962)
Manciano	443	-10,0 (I 1963)	39,5 (VII 1929)

Di particolare rilievo, anche per gli ingenti danni prodotti al territorio e per la perdita di vite umane, sono gli episodi che negli ultimi anni hanno interessato l'alta Versilia (19 giugno 1996) (Rapetti & Rapetti 1996) e Marina di Campo nell'Elba (7 novembre 2011) (Tab. 13). Intensità così elevate, che hanno tempi di ritorno stimabili in qualche secolo, mutano il quadro delle possibilità pluviometriche attese in un dato luogo, come dimostra il confronto con i valori precedenti.

Tab. 13 - Intensità pluviometriche estreme in Versilia e all'isola d'Elba.

Pomeziana (Alta Versilia)			
intensità	30,8 mm	158,0 mm	480,0 mm
durata	07:30-07:35	07:00-08:00	05:00-18:00
Marina di Campo (Isola d'Elba)			
intensità	190,0 mm	250,0 mm	283,0 mm
durata	06:00-08:00	05:00-08:00	05:00-10:00

Nelle Alpi Apuane prima dell'evento del 19 giugno 1996 le precipitazioni orarie più elevate si erano verificate a Campagrina (102 mm); nelle altre stazioni i valori sono compresi tra 46 mm di Arezzo e 94 di Pescia; Campagrina si distingueva anche per le massime piogge in ventiquattro ore (325 mm), seguita da Grosseto (323 mm) (Tab. 14).

Le precipitazioni massime di brevissima durata hanno interessato sia stazioni di elevatissima piovosità annua, come Campagrina (18 mm/5 min) e Massa (23 mm/10 min), sia stazioni della Toscana centro-meridionale e insulare di piovosità medio-bassa, come Manciano (24,0 mm/10 min) e Portoferraio nell'Elba (24 mm/10 min) (Tab. 15).

La probabilità che in dato luogo si verifichi una precipitazione di intensità determinata entro un definito intervallo di tempo (linee segnalatrici di probabilità pluviometrica) si ricava da opportune elaborazioni statistiche applicate a cataloghi pluviometrici di lunga durata (Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa).

Fino a 30 minuti il valore più elevato delle piogge attese spetta a Pisa (60,9 mm), dove i dati storici indicano eventi pluviometrici di fortissima intensità, come quello del 23 Settembre 1991 quando tra le 09:45 e le 10:45 caddero 101,4 mm, con una intensità di picco di 15 mm in cinque minuti (Rapetti & Vittorini, 1994); nelle ventiquattro ore i valori attesi più elevati riguardano Campagrina e Boscungo, rispettivamente con 419,3 mm e 375,6 mm (Tab. 16).

Tab. 14 - Precipitazioni massime (mm) con durata da 1 a 24 ore (1935-1987).

Stazioni	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Massa	80 (23 VIII 1965)	114 (23 VIII 1965)	116 (23 VIII 1965)	135 (04 X 1978)	167 (03 X 1978)
Campagrina	102 (22 VIII 1965)	138 (18 XI 1959)	163 (18 XI 1959)	237 (04 X 1978)	325 (30 XI 1976)
Boscungo	57 (23 VIII 1965)	90 (23 VIII 1965)	93 (23 VIII 1965)	111 (27 XI 1965)	160 (23 XI 1965)
Lucca	91 (09 VII 1944)	150 (10 IX 1937)	196 (10 IX 1937)	260 (10 IX 1937)	273 (10 IX 1937)
Pisa	67 (20 VIII 1966)	150 (20 VIII 1966)	216 (20 VIII 1966)	242 (20 VIII 1966)	258 (20 VIII 1966)
Arezzo	46 (06 IX 1964)	77 (05 IX 1984)	101 (22 VIII 1966)	106 (22 VIII 1966)	106 (22 VIII 1966)
Vallombrosa	54 (11 VIII 1959)	93 (24 IX 1981)	115 (11 VIII 1959)	121 (24 IX 1981)	203 (03 XI 1966)
Firenze	57 (26 VIII 1985)	88 (19 IX 1953)	106 (19 IX 1953)	106 (19 IX 1953)	173 (03 XI 1966)
Pescia	94 (26 IX 1942)	162 (26 IX 1942)	162 (26 IX 1942)	164 (26 IX 1942)	204 (26 IX 1942)
Livorno	87 (02 X 1964)	138 (18 VI 1970)	152 (21 X 1964)	158 (18 VI 1970)	196 (18 VI 1970)
Grosseto	60 (30 IX 1949)	101 (30 IX 1949)	163 (03 XI 1966)	218 (03 XI 1966)	323 (03 XI 1966)
Siena	58 (10 IX 1937)	89 (10 IX 1937)	100 (03 XI 1966)	141 (03 XI 1966)	237 (03 XI 1966)
Manciano	62 (30 IX 1968)	89 (06 VII 1964)			
Portoferraio	57 (30 IX 1968)	104 (24 IX 1951)	245 (24 IX 1951)	245 (24 IX 1951)	245 (24 IX 1951)

Tab. 15 - Precipitazioni massime (mm) di brevissima durata (1935-1987).

Stazioni	mm	minuti	data	mm/h
Massa	23,0	10	06 VIII 1984	138
Campagrina	18,0	5	21 VI 1986	226
Pomeziana	30,8	5	19 VI 1996	370
Boscungo	12,0	5	24 VI 1959	144
Lucca	12,4	5	11 X 1987	149
Pisa	15,0	5	23 IX 1991	180
Arezzo	11,4	5	07 VII 1987	137
Vallombrosa	16,0	10	03 XI 1967	96
Firenze	24,0	15	30 VIII 1966 1966	96
Pescia	10,4	5	10 X 1987	125
Livorno	24,0	10	19 VI 1970	144
Grosseto	14,0	5	01 XI 1956	168
Siena	10,4	5	08 VII 1987	125
Manciano	24,0	10	14 VII 1963	144
Portoferraio	24,0	10	02 X 1968	144

Tab. 16 - Quantità di precipitazioni (mm) attese in un tempo di ritorno di 100 anni.

Stazioni	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.
Massa	29,4	38,4	44,9	50,1	58,6
Campagnina	25,5	35,5	43,1	49,5	60,0
Boscungo	19,4	27,2	33,1	38,0	46,2
Pisa	22,7	33,3	41,6	48,7	60,9
Firenze Ximeniano	20,7	27,5	32,5	36,5	43,1
Grosseto	21,5	29,4	35,3	40,2	48,3
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
Massa	84,1	120,2	150,7	188,8	236,7
Campagnina	94,9	158,6	219,3	303,3	419,3
Boscungo	65,6	119,9	175,4	256,7	375,6
Pisa	93,1	123,6	147,7	176,6	211,1
Firenze Ximeniano	62,4	81,9	97,3	115,4	137,0
Grosseto	74,2	101,6	124,0	151,2	184,4

## BILANCIO IDRICO-CLIMATICO

Il contenuto di acqua dello strato superficiale del suolo (Thornthwaite, 1948; Thornthwaite & Mather, 1957) costituisce uno dei fattori determinanti dei fenomeni biologici e geomorfologici. Il bilancio idrico-climatico del suolo risulta dallo sviluppo della relazione:

$$P = AE \pm \Delta R + RO$$

P: precipitazioni, AE: evapotraspirazione reale,  $\Delta R$ : variazione della riserva idrica del suolo, RO: deflusso. L'evapotraspirazione potenziale (EP) si ricava per via teorica dalle temperature medie mensili dell'aria e dalla latitudine. Note le precipitazioni mensili e stimata la massima capacità idrica del suolo, si ricavano la variazione della riserva idrica ( $\Delta R$ ), l'evapotraspirazione reale (AE), il deficit (D), l'eccedenza (S) e il deflusso (RO) (Tab. 17).

I valori più elevati dell'EP, superiori a 850 mm, sono presenti tra la foce del F. Cecina e la laguna di Orbetello, ma interessano anche la bassa valle del F. Ombrone grossetano. Il valore di 800 mm comprende tutta la fascia costiera toscana, la valle dell'Arno fino a Pontassieve e ai primi contrafforti dell'Appennino, le valli del F. Cornia, del F. Albegna e del F. Ombrone grossetano. Il pedemonte appenninico e la Toscana centrale sono compresi tra 800 e di 750 mm, eccettuate le parti più elevate dei rilievi, che ricadono nell'intervallo tra 750 e 650 mm. Nell'Appennino settentrionale l'evapotraspirazione potenziale, calcolata con l'equazione  $EP = 795,7 - 0,18 \times H$  ( $r^2 = 0,98$ ) (Rapetti & Vittorini, 1989 B), decresce fino a valori inferiori a 550 mm. I valori estremi annui dell'EP sono presenti sul M.te Cimone (309 mm) e all'isola di Pianosa (868 mm) (Carta F della Carta climatica).

Tab. 17 - Parametri del bilancio idrico-climatico e tipi di clima secondo Thornrthwaite (1969-1990).

Stazioni	P (mm)	E (mm)	D (mm)	S (mm)	Im	Formula
Campagrina	3.111	654	0	2.459	376	A B <sub>1</sub> ' r b <sub>4</sub> '
Boscolungo	2.588	533	0	1.784	335	A C <sub>2</sub> ' r b <sub>2</sub> '
Succiso	1.962	578	16	1.400	239	A B <sub>1</sub> ' r b <sub>2</sub> '
Camaldoli	1.694	589	10	1.117	188	A C <sub>2</sub> ' r b <sub>3</sub> '
M.te Cimone	864	309	1	556	180	A C <sub>1</sub> ' r c <sub>2</sub> '
Montelungo Sup.	1.669	640	26	1.055	161	A B <sub>1</sub> ' r b <sub>4</sub> '
Castelnuovo G.	1.719	740	46	1.061	137	A B <sub>2</sub> ' r b <sub>4</sub> '
San Marcello P.	1.609	717	53	969	128	A B <sub>2</sub> ' r b <sub>4</sub> '
Bagnone	1.626	747	53	932	118	A B <sub>2</sub> ' r B <sub>4</sub> '
Vallombrosa	1.298	638	27	779	118	A B <sub>1</sub> ' r b <sub>3</sub> '
Firenzuola	1.319	733	87	673	80	B <sub>4</sub> ' B <sub>2</sub> ' r b <sub>3</sub> '
Santa Fiora	1.216	715	75	621	76	B <sub>3</sub> ' B <sub>2</sub> ' r b <sub>4</sub> '
Lucca	1.210	805	92	523	54	B <sub>2</sub> ' B <sub>2</sub> ' r b <sub>4</sub> '
Monticiano	1.164	775	145	538	51	B <sub>2</sub> ' B <sub>2</sub> ' s b <sub>3</sub> '
Castel del Piano	969	731	94	383	40	B <sub>2</sub> ' B <sub>2</sub> ' r b <sub>4</sub> '
Volterra	878	728	86	352	37	B <sub>1</sub> ' B <sub>2</sub> ' r b <sub>3</sub> '
Pisa	942	806	178	274	12	C <sub>2</sub> ' B <sub>2</sub> ' r b <sub>4</sub> '
Viareggio	999	804	119	280	20	B <sub>1</sub> ' B <sub>2</sub> ' r b <sub>4</sub> '
Massa Marittima	933	741	143	301	21	B <sub>1</sub> ' B <sub>2</sub> ' s b <sub>3</sub> '
Siena	787	780	175	256	11	C <sub>2</sub> ' B <sub>2</sub> ' s b <sub>3</sub> '
San Miniato	910	832	139	217	9	C <sub>2</sub> ' B <sub>2</sub> ' s b <sub>4</sub> '
Arezzo	860	765	101	164	8	C <sub>2</sub> ' B <sub>2</sub> ' r b <sub>3</sub> '
Firenze Ximeniano	808	811	146	175	4	C <sub>2</sub> ' B <sub>2</sub> ' s <sub>2</sub> b <sub>3</sub> '
Cinigiano	757	780	190	167	-3	C <sub>1</sub> ' B <sub>2</sub> ' s <sub>2</sub> b <sub>3</sub> '
Livorno	788	829	198	158	-5	C <sub>1</sub> ' B <sub>2</sub> ' s b <sub>4</sub> '
Montepulciano	759	814	173	118	-7	C <sub>1</sub> ' B <sub>2</sub> ' s b <sub>4</sub> '
Pienza	713	730	160	66	-13	C <sub>1</sub> ' B <sub>2</sub> ' s b <sub>3</sub> '
Orbetello	709	816	274	130	-18	C <sub>1</sub> ' B <sub>2</sub> ' s b <sub>4</sub> '
Gorgona	534	764	215	76	-18	C <sub>1</sub> ' B <sub>2</sub> ' d a'
Grosseto	622	835	280	105	-21	C <sub>1</sub> ' B <sub>2</sub> ' s b <sub>4</sub> '
Follonica	640	840	228	13	-26	C <sub>1</sub> ' B <sub>2</sub> ' d b <sub>4</sub> '
Portoferraio	564	866	344	54	-34	D B <sub>3</sub> ' d b <sub>4</sub> '
Pianosa	406	868	499	0	-57	D B <sub>3</sub> ' d a'

Il deficit (D) si verifica quando il contenuto idrico del suolo è inferiore alla saturazione. Tale condizione è tipica dell'estate, tuttavia la sua durata è molto variabile da luogo a luogo: a Pianosa copre i mesi da marzo a ottobre, a Boscolungo e Campagrina è pressoché assente. Il deficit più elevato della Toscana continentale si registra a Grosseto (280 mm), mentre a Pianosa è prossimo a 500 mm. La prima classe ( $D < 80$  mm) comprende tutti gli alti versanti dell'Appennino, dalla Lunigiana all'alto bacino idrografico del F. Tevere, delle Alpi Apuane, del M.te Amiata, delle Colline Metallifere, del Monte Pisano. La seconda classe ( $80 < D < 160$  mm) occupa una vastissima area che si sviluppa dalla Versilia al limite meridionale della Regione, interessando perciò quasi tutta la Toscana centrale. La terza classe ( $D > 160$  mm) è presente nella fascia costiera a sud del F. Arno e nella bassa valle del F. Ombrone grossetano. I valori più elevati ( $D > 280$  mm) sono confinati lungo la costa tra il golfo di Follonica e Capalbio (Carta G della Carta climatica).

L'eccedenza (S) corrisponde al deflusso totale (superficiale e sotterraneo), che si verifica solo nei mesi in cui il suolo è saturo; nell'ambiente mediterraneo questa condizione si presenta nell'autunno inoltrato, con un ritardo di circa due mesi rispetto alla ripresa delle precipitazioni autunnali. La prima classe ( $S > 1200$  mm) è confinata lungo il crinale appenninico, dal M.te Orsaro in Lunigiana fino al Lago Scaffaiolo nell'Appennino pistoiese, nelle Alpi Apuane e nelle parti più elevate dell'Appennino casertinese. La seconda classe ( $600 < S < 1200$  mm) è presente lungo il pedemonte appenninico, nel Pratomagno, nel Monte Pisano e nel M.te Amiata. La terza classe ( $300 < S < 600$  mm) è presente a nord del F. Arno, mentre a sud del fiume compare nelle aree cacuminali delle Colline Metallifere, dei Monti del Chianti e nella fascia pedemontana del M.te Amiata. La quarta classe ( $S < 300$  mm) interessa tutta la fascia costiera della Regione, gran parte della Toscana centro-meridionale e le isole dell'Arcipelago toscano, con l'eccezione del M.te Capanne, dove sulla vetta supera i 600 mm. Nella fascia costiera più meridionale, tra Donoratico e Capalbio, l'eccedenza è inferiore a 100 mm annui.

#### CICLO DELL'ACQUA NEL SUOLO

Il ciclo mensile dell'acqua indica i periodi durante i quali i suoli sono sottosaturi o soprassaturi, cui corrispondono significative differenze nel loro comportamento idrologico.

A Boscolungo il suolo è saturo da settembre a giugno e in alcuni mesi il deflusso raggiunge valori estremamente elevati, come in novembre quando supera 540 mm; a Pianosa il deflusso è assente poiché il contenuto idrico del suolo (ST) è costantemente molto inferiore alla saturazione, ma nei mesi da luglio a settembre risulta vicino a zero (Fig. 20).

#### TIPICI DI CLIMA

Nel sistema di classificazione dei climi di Köppen (Köppen (1936), adattato all'Italia da Pinna (1970), le

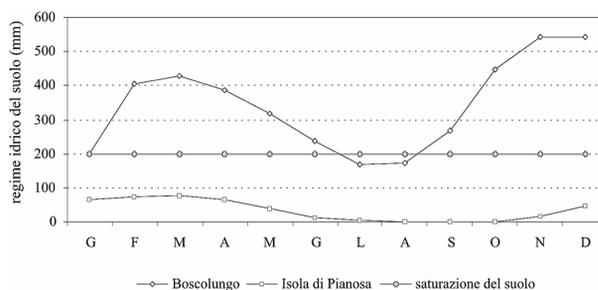


Fig. 20 - Ciclo annuale dell'acqua nel suolo a Boscolungo e Pianosa.

aree pianiziali, di bassa collina e le isole dell'Arcipelago sono comprese nel tipo *Csa* (clima mesotermico, con accentuata siccità estiva e temperatura media del mese più caldo maggiore di 22,0 °C); nelle fasce altimetriche di bassa e di media montagna compare il tipo *Cfc* (assenza di mesi aridi, temperatura media del mese più caldo minore di 22,0 °C e da uno a quattro mesi con temperature maggiore di 10,0 °C); nelle aree caucuminali, come sul M. Cimone e a San Pellegrino in Alpe, e lungo gli alti crinali appenninici è presente il tipo *DfbH* (microtermico boreale senza stagione arida, varietà di montagna).

Il problema della scarsa attitudine a discriminare tipi climatici poco diversi, caratteristica del sistema di Köppen, viene risolto dal sistema di Thornthwaite (1948) che definisce le varietà climatiche con una formula costituita da quattro indici: l'umidità globale  $I_m = (S-D) \times 100/EP$ , l'evapotraspirazione potenziale annua (EP), la distribuzione stagionale dell'umidità o dell'aridità, la concentrazione estiva dell'evapotraspirazione potenziale ( $CEET = SEP_{estiva}/EP_{annua}/100$ ).

La formula climatica di Boscolungo ( $A C'_2 r b'_2$ ) descrive un clima *perumido*, del *secondo microtermico*, con *deficit* nullo; la formula di Lucca ( $B_2 B'_2 r b'_4$ ) descrive un clima *umido*, di grado inferiore al precedente ( $B_2$ ), con un valore più elevato dell'EP annua (*secondo mesotermico*  $B'_2$ ) e con un deficit estivo piccolo o nullo; la formula di Livorno ( $C_2 B'_2 s b'_4$ ) descrive un clima *subarido* ( $C_2$ ), del *secondo mesotermico*, con deficit in estate; la formula di Pianosa ( $D B'_3 d a'$ ) descrive un clima *semiarido*, del *terzo mesotermico* ( $B'_3$ ), con eccedenza annua molto piccola e CEET bassa in confronto ai valori delle altre stazioni (Tab. 17).

Il medio e basso corso del F. Arno costituisce un limite climatico molto netto, poiché a nord prevalgono i tipi *umidi*, dal clima *perumido* ( $I_m > 100$ ) presente alle quote più elevate dei rilievi, alle varietà dei tipi *umidi* (da  $B_4$  a  $B_1$ ) delle fasce pedemontane; a sud del fiume prevale il tipo *subumido*  $C_2$  ( $0 < I_m < 20$ ), ad eccezione di aree più umide legate all'altitudine dei rilievi, come nel M.te Amiata e nelle Colline Metallifere; nella Toscana costiera, da Livorno a Capalbio, è presente il tipo *subarido*  $C_1$  ( $0 < I_m < -33,3$ ) che passa a *semiarido*  $D$  ( $-33,3 < I_m < -66,6$ ) in una piccola area compresa tra le foci del F. Ombrone grossetano e del F. Albegna e in alcune piccole isole dell'Arcipelago toscano, come a Pianosa (Carta I della Carta climatica), dove nel 1965 si è raggiunta la condizione di massima aridità meteorologica (183,8 mm) e idro-climatica ( $E B'_2 d a'$ ) mai registrata in Toscana dall'inizio delle osservazioni ( $I_m = -78,3$ ) (Rapetti, 2009).

#### SERIE TERMOPLUVIOMETRICHE ULTRACENTENARIE

Il catalogo delle temperature di Firenze, rilevato presso l'Osservatorio Ximeniano, sottoposto ad accurate

indagini logico-statistiche, si dimostra esente da significative eterogeneità non dovute a cause climatiche e presenta i caratteri della casualità, dell'indipendenza e dell'omogeneità (Sneyers, 1975; Pettitt, 1979; Crisci *et al.*, 1998; Cortemiglia *et al.*, 2011). Tali attributi consentono di riconoscerne la buona affidabilità per studio degli andamenti del clima negli ultimi due secoli. Le temperature medie annue mostrano un trend positivo e sensibili fluttuazioni negative e positive: si osserva una fluttuazione positiva della durata di circa trentacinque anni dal 1830 al 1865, seguita da una fluttuazione negativa che si protrae fino al 1941 e, successivamente, da una marcata tendenza all'aumento (Rapetti, Vittorini, 1988), valutabile in 0,7 °C, come differenza tra i 14,5 °C del periodo 1872-1940 e i 15,2 °C del periodo successivo ( $\Delta T \approx 0,01$  °C/anno) (Cortemiglia *et al.*, 2011) (Fig. 21 A). La serie termometrica di Pisa mostra fluttuazioni non in fase con quelle di Firenze, con periodi più freschi all'inizio del secolo scorso e, successivamente, per circa due decenni, tra il 1930 e il 1940 e tra il 1970 e il 1980; il trend è positivo ma di minore intensità rispetto a quello del capoluogo toscano (Fig. 21 B).

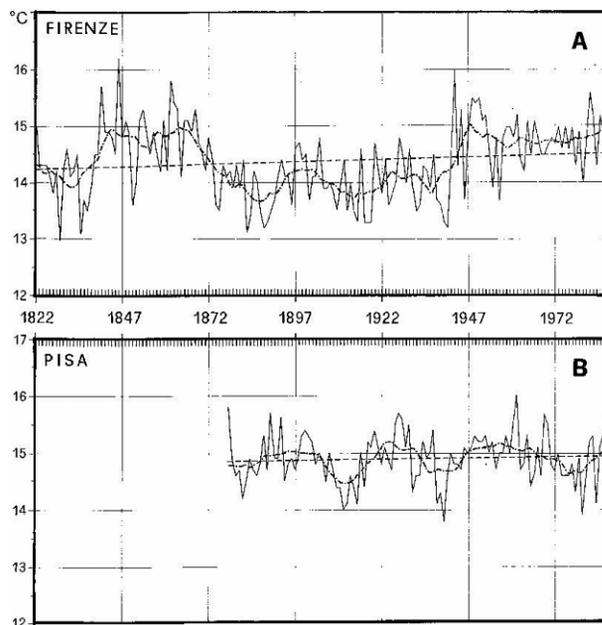


Fig. 21 - Andamento interannuale delle temperature medie annue dell'aria (°C) nell'Osservatorio Ximeniano di Firenze (A) e di Pisa (B).

Gli andamenti interannuali delle temperature medie delle minime e delle massime descrivono più compiutamente lo stato termico dell'atmosfera, ma tale studio si è potuto condurre solo dal 1878, quando fu iniziata

la pubblicazione delle temperature minime e massime, poiché negli anni precedenti le osservazioni termometriche erano condotte con più letture giornaliere del termometro. A Firenze le temperature medie delle massime presentano un trend debolmente negativo, mentre la media mobile individua una fluttuazione positiva dal 1910 al 1930 ed una negativa dal 1930 al 1945; da quest'ultimo anno segue un periodo di relativa stabilità, quindi si verifica una sensibile tendenza all'aumento (Fig. 22 A). Le medie delle minime presentano una tendenza fortemente positiva, valutabile in  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ anni}$ ; la media mobile indica una flessione dai primi anni del Ventesimo secolo agli anni Quaranta, con il minimo nel 1915; negli anni successivi, con leggere fluttuazioni, si osserva un netto aumento dei valori (Fig. 22 B).

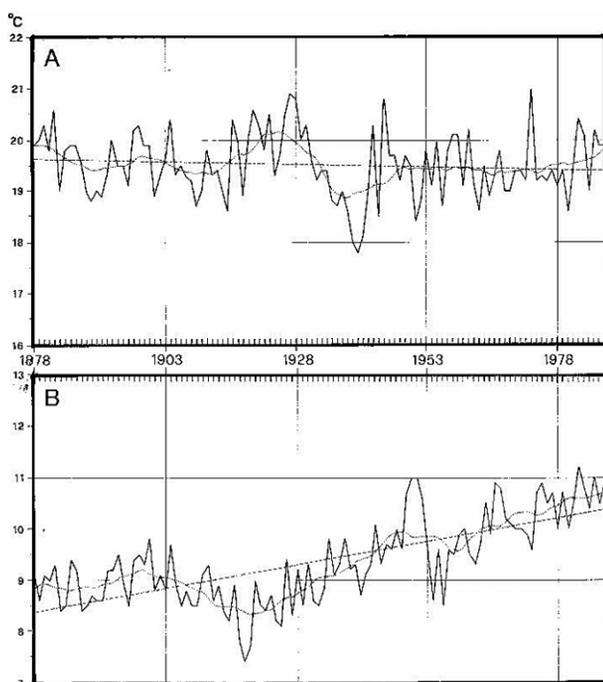


Fig. 22 - Andamento delle temperature medie massime (A) e minime (B) presso l'Osservatorio Ximeniano di Firenze (1878-1985).

A Pisa il decremento tendenziale delle temperature massime è più accentuato rispetto a Firenze, così come la tendenza all'aumento delle minime è meno marcata rispetto a quella riscontrato nel capoluogo toscano (Fig. 23 A e B).

Il confronto tra le due serie termometriche mostra una moderata diminuzione tendenziale delle massime, contrapposta ad un sensibile aumento delle minime, cui potrebbe corrispondere la tendenza del clima termico dell'ultimo secolo a volgere in senso più marittimo (Tab. 18).

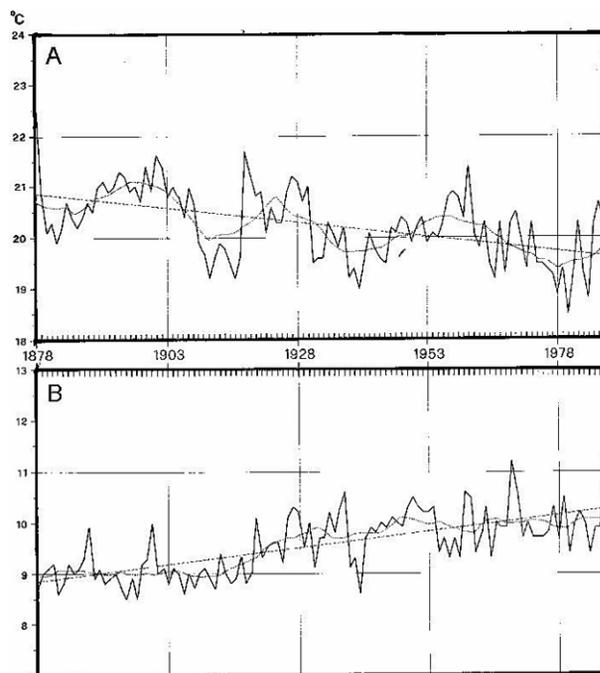


Fig. 23 - Andamento delle temperature medie massime (A) e minime (B) a Pisa (1878-1985).

Non è tuttavia prudente estendere gli andamenti termici osservati a Firenze Ximeniano all'intera Toscana pianiziale, e neppure ad un suo stretto intorno, perché potrebbero essere influenzati dall'effetto «isola di calore» determinato dalle attività antropiche. Pantani & Ciantelli (1979), confrontando i dati dell'Osservatorio Ximeniano di Firenze con quelli dell'aeroporto fiorentino di Peretola, hanno osservato infatti che dal 1950 al 1972 le medie delle massime del centro urbano sono state minori di  $0,69\text{ }^{\circ}\text{C}$  rispetto a quelle della stazione rurale e le medie delle minime maggiori di  $1,32\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Altre analisi tuttavia, considerando la posizione della stazione nell'«area centrale urbana» e del termometro, ospitato presso l'Osservatorio Ximeniano sulla

Tab. 18 - Valori termici a Firenze Ximeniano e a Pisa (1878-1985).

Valori	Firenze		Pisa	
	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>
Media	19,5	9,4	20,2	9,6
Moda	19,0	8,5	20,3	9,7
Mediana	19,4	9,3	20,3	9,6
Dev. standard	0,65	0,85	0,68	0,61
T <sub>min</sub>	17,8	7,4	18,5	8,5
T <sub>max</sub>	21,0	11,2	21,7	11,4
DT	3,2	3,8	3,2	2,9
Coeff. angolare	-0,002	0,019	-0,010	0,013

sommità dell'antica torre dei Rondanelli a 27,53 metri dal piano di campagna, dunque al di sopra della «canopy layer», tendono a ridimensionare il ruolo dell'isola di calore, affermando che la causa principale dell'incremento termico sia da individuare nel «global change» e solo subordinatamente nelle modificazioni del clima urbano (Grillini, 1985 e 1987; Cortemiglia *et al.*, 2011).

Lo studio degli andamenti pluviometrici ultrasecolari si presenta particolarmente favorevole, poiché in Toscana sono disponibili i dati di numerose stazioni con questa caratteristica di durata temporale (Rapetti & Vittorini, 1991). Risulta la tendenza generalizzata alla diminuzione delle piogge annue, in accordo con gli andamenti registrati nel resto del Paese (Giuffrida, Conte, 1989), sia pure con entità non omogenea nelle diverse stazioni. Il catalogo pluviometrico di Firenze Ximeniano, iniziato nel 1808, ha mostrato infatti solo una trascurabile tendenza alla diminuzione (Fig. 24), mentre la variabilità interannuale è ele-

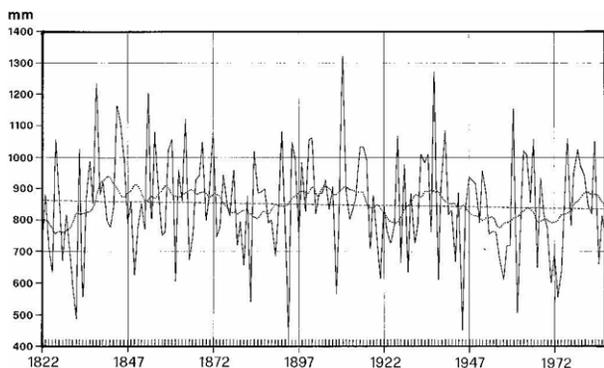


Fig. 24 - Andamento delle precipitazioni annue presso l'Osservatorio Ximeniano di Firenze (1822-1985).

vata ( $D_9 = 1057$  mm e  $D_1 = 633$  mm), con valori estremi di 422 mm nel 1894 e di 1323 mm nel 1910. La distribuzione di frequenza è prossima alla distribuzione normale, poiché la media di 850 mm presenta un valore che si discosta di poco dalla moda e dalla mediana (Fig. 25).

La debole diminuzione tendenziale delle precipitazioni nel capoluogo toscano è stata invece accompagnata da una diversa distribuzione stagionale, poiché si è passati dal regime *sublitoraneo* del periodo 1889-1936 al regime *submediterraneo* dal 1937 al 1990.

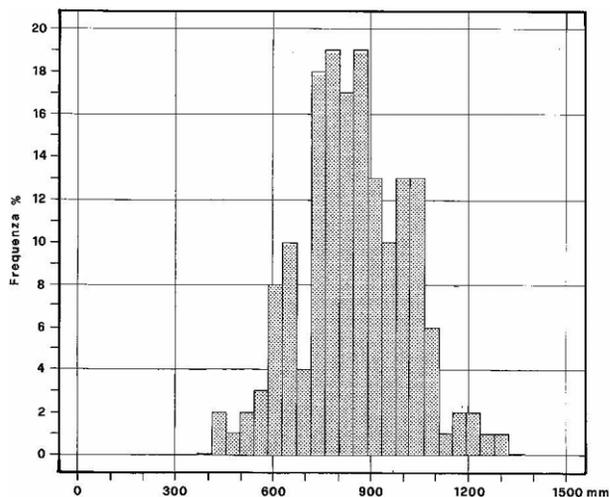


Fig. 25 - Distribuzione di frequenza delle precipitazioni annue all'Osservatorio Ximeniano di Firenze (1822-1985).

#### CONSIDERAZIONI FINALI

La Toscana presenta una grande varietà di tipi di clima, in un intervallo che ha per estremi i climi *perumidi* e *microtermici* delle parti più elevate dell'Appennino settentrionale e delle Alpi Apuane, fino ai tipi *semi-aridi* presenti nella parte meridionale della Regione e in alcune isole dell'arcipelago. Tale varietà climatica trova spiegazione nella posizione della Toscana rispetto alla direzione prevalente delle perturbazioni occidentali e ai centri regionali del tempo, al profilo topografico e all'articolazione morfologica, alla direzione dei crinali e delle valli, alla distanza dal mare delle aree continentali.

Il corso del F. Arno costituisce un limite netto di demarcazione tra i climi *umidi* presenti a nord del fiume (A, B,  $C_2$ ) e i climi da *subarido* ( $C_1$ ) ad *arido* (D), soprattutto il tipo  $C_1$  largamente diffuso nella Toscana centro-meridionale pianiziale e di bassa collina, seppure in questa parte della Regione i climi umidi siano presenti ma confinati sui rilievi maggiori, come i Monti del Chianti, le Colline Metallifere, il M.te Amiata e nel M.te Capanne. Il corso dell'Arno, dal Valdarno superiore alla foce, costituisce anche il limite per altri fenomeni climatici, quali, ad esempio, gli episodi prolungati di gelo, il numero di mesi freddi, la durata della permanenza della neve al suolo, il numero di giorni piovosi, il numero di mesi aridi, il numero di giorni consecutivi con assenza di pioggia.

## BIBLIOGRAFIA

- ANTINORI V., 1958. Archivio Meteorologico Centrale Italiano. Prima Pubblicazione, Firenze. Società Tipografica sulle Logge del Grano, 1858.
- BARAZZUOLI P., GUASPARRI G., SOLLEOLINI M., 1993. Il clima. In: *La storia naturale della Toscana meridionale*. Ed. Monte dei Paschi di Siena. Pizzi, Siena: 141-171.
- BATINI N., RAPETTI F., TESTI D., 2012. Distribuzione dell'irradiazione solare nel bacino idrografico del torrente Roglio in Val d'Era (Toscana). *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem.*, Serie A, 96: 1-10.
- BORCHI E., MACII R., 1997. Termometri & Termoscopi. *Pubblicazioni dell'Osservatorio Ximeniano di Firenze*. Firenze.
- BOTTAI L., CRISCI A., FERRARI R., GENESIO L., VACCARI F.P., MAGNO R., MARACCHI G., 2006. I diagrammi del clima in Toscana. Ed. C.N.R.-Ibimet. Firenze.
- CANTÙ V., 1984. Ferdinando II de' Medici creatore della meteorologia moderna. *Atti della Fondazione Giorgio Ronchi*, 28, n. 56, Firenze: 661-675.
- CORTEMIGLIA G.C., 2004. Messa a punto di una procedura per l'analisi climatica delle serie termopluviometriche storiche italiane con relativa applicazione esemplificativa alla serie storica di Genova (1833-2001). Quaderno n. 3. Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse dell'Università di Genova. Lito-coop Tortona (AL) 2002. *Riv. Geogr. It.*, 181-183.
- CORTEMIGLIA G.C., RAPETTI F., VITI F., 2011. Analisi climatica della serie termopluviometrica storica (1813-2008) rilevata nell'Osservatorio meteorologico Ximeniano di Firenze. *Riv. Geogr. It.*, 118: 83-114.
- CRISCI A., GOZZINI B., MARACCHI G., MENEGUZZO F., 1998. La serie storica delle temperature medie mensili di Firenze. *Atti del Convegno «Due secoli di osservazioni meteorologiche a Mantova, aspetti scientifici e storici»*. Mantova 22 Ottobre 1998: 143-158.
- DAINELLI G., 1908. Materiali per la climatologia d'Italia. I Carta delle piogge della Regione Toscana. *Riv. Geogr. It.*, 6: 233-425.
- EREDIA F., 1907. Dell'influenza della catena degli Appennini sulla distribuzione della pioggia nell'Italia centrale. *Rend. Reg. Acc. Lincei*, XVI, Serie 5°, fasc. 8°, Roma: 615-625.
- ERMINI V., 1954. La frontogenesi invernale mediterranea. *Riv. Meteor. Aeron.*, 14: 156-168.
- GANDOLFO C., SULLI M., 1990. Vallombrosa 1872-1989: serie ultracentenaria di misure di precipitazioni e di temperatura in ambiente forestale. *Ann. Ist. Sperim. per la Selvicoltura*, Vol. XXI: 147-181.
- GENTILI J., 1959. Le temperature montane in Toscana. *Riv. Geogr. It.*, 66: 309-321.
- GRILLINI B., 1985. Isola di calore diurna e topografia locale nella regione di Londra. *Riv. Meteor. Aer.*, 45, 4: 325-236.
- GRILLINI B., 1987. Milano un'esperienza sul limite dell'isola di calore urbana. *Riv. Meteor. Aer.*, 47, 1.
- GUERRINI A., LAVAGNINI A., VIVONA F., 1977. L'insolazione sull'Italia. *IFA*, 11, Roma: 116
- KÖPPEN W., 1936. Das Geographische System der Klimate. In: W. Köppen e R. Geiger, *Handbuch der Klimatologie*, Bd 1, Teil C, Berlin.
- MARACCHI G., 1991. Breve storia della meteorologia a Firenze dalle origini a oggi. Cenni storici. G. Maracchi (a cura di), *X Session of the Commission for Agricultural Meteorology: WMO*, 2-13 dicembre 1991, Firenze: 7-29.
- MINISTERO LL. PP., Consiglio Superiore delle Acque. Servizio Idrografico, 1918. Osservazioni pluviometriche raccolte a tutto l'anno 1915. Toscana e Liguria. F. Eredia (ordinate a cura di): Tip. Naz. Bertero, Roma.
- MINISTERO LL. PP., Consiglio Superiore delle Acque, Servizio Idrografico, 1921. Dominio del Litorale Ligure Toscano. *Boll. Mens.*, 1918. Simoncini, Pisa.
- MINISTERO LL. PP., Servizio Idrografico e Mareografico di Pisa (vari anni). *Annali Idrologici*, Parte I<sup>a</sup>. Istituto Poligrafico dello Stato. Roma.
- MONTALTO M., PELLEGRINI F., RIVOSECCHI I., 1967. Sulla climatologia delle ciclogenesi sottovento alle Alpi. *Riv. Meteor. Aer.*, 3: 3-29.
- MORI A., 1957. Stato attuale delle conoscenze del clima italiano e necessità di uno studio più approfondito, con particolare riguardo per l'Italia meridionale. *Atti XVII Congr. Geogr. It.*, Bari, Vol. II: 181-203.
- NANNINI P., 1983. L'isola di calore a Firenze. *Riv. Meteor. Aer.*, 43: 43-52.
- PANTANI F., CIANTELLI G., 1979. Alcune considerazioni sul microclima di Firenze. *Riv. Meteor. Aer.*, 39, 2, 1979: 163-167.
- PETTITTI A.N., 1979. A Non-parametric Approach to the Change-point Problem. *Appl. Stat.*, 28, n. 2: 126-135.
- PINNA M., 1958. Il regime dei venti nella bassa valla dell'Arno. *Riv. Geogr. It.*, 65: 97-118.
- PINNA M., VITTORINI S. (1985) Contributo alla determinazione dei regimi pluviometrici in Italia. In Pinna M.: *Contributi di Climatologia. Mem. Soc. Geogr. It.*, 39: 147-167.
- RAPETTI F., 2000. Radiazione solare globale e radiazione ultravioletta in alcune stazioni dell'area di Firenze. *Riv. Meteor. Aeron.*, 60, 1-2: 37-53.
- RAPETTI F., 2003. Atlante Tematico della Provincia di Pisa. Eventi climatici estremi. P.R. Federici (a cura di). *Provincia di Pisa*. Pacini Ed., Pisa: 55.
- RAPETTI F., 2009. Lineamenti climatici dell'Arcipelago Toscano. In: *Carta geomorfologica dell'Arcipelago Toscano. Mem. Descrittive della Carta Geologica d'Italia*, Vol. LXXXVI. A cura di D'Orefice M., Dramis F., Federici P.R., Graciotti R., Molin P., Ribolini A.: 11-21.
- RAPETTI F., RUSCHI M., 2010. Osservazioni botanico-meteorologiche condotte da Giovanni Lorenzo Tilli presso il Giardino dei Semplici di Pisa (1775-1780). *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem.*, Serie A, 114: 45-59.
- RAPETTI F., VITTORINI S., 1978. Osservazioni sul clima del litorale pisano. *Riv. Geogr. It.*, 85, pp. 1-26.
- RAPETTI F., VITTORINI S., 1979. Il vento come fonte di energia integrativa in Italia. *Riv. Geogr. It.*, 86: 450-470.
- RAPETTI F., VITTORINI S., 1986. L'episodio di gelo del gennaio 1985 in Toscana, con particolare riguardo alla bassa valle dell'Arno. *Riv. Geogr. It.*, 93: 437-447.
- RAPETTI F., VITTORINI S., 1988 A. Le variazioni del clima di Firenze dal 1822 al 1986. *Boll. Soc. Geogr. It.*, serie XI, 5: 73-92.
- RAPETTI F., VITTORINI S., 1988 B. Differenze pluviometriche tra i versanti tirrenico e adriatico lungo l'allineamento Livorno-M. Cimone-Modena. *Geogr. Fis. Din. Quat.*, 11: 105-115.
- RAPETTI F., VITTORINI S., 1989. Aspetti del clima nei versanti tirrenico e adriatico lungo l'allineamento Livorno-M. Cimone-Modena. *Atti Soc. Tosc.: Sci. Nat. Mem.*, Serie A, 96: 159-192.
- RAPETTI F., VITTORINI S., 1990. Studio di serie pluviometriche secolari in Toscana. In Pinna M.: *Le variazioni recenti del clima (1800-1990) e le prospettive per il XX secolo. Proceedings of the Italian Geographical Society Conference*, Roma, 5-6 aprile 1990, *Mem. Soc. Geogr. It.*, 46: 457-478.
- RAPETTI F., VITTORINI S., 1994. Carta climatica della Toscana centro-settentrionale (Scala 1:250.000). Pacini, Pisa.
- RAPETTI F., VITTORINI S., 1994. Carta climatica della Toscana centro-meridionale e insulare (Scala 1:250.000). Pacini, Pisa.

- RAPETTI F., VITTORINI S., 1994 C. Le precipitazioni in Toscana: osservazioni sui casi estremi. *Riv. Geogr. It.*, 101: 47-76.
- RAPETTI F., VITTORINI S., 1994. I caratteri del clima. In: La pianura di Pisa e i rilievi contermini. Mazzanti R. (a cura di). *Mem. Soc. Geogr. It.*, Vol. 50: 103-132.
- RAPETTI C., RAPETTI F., 1996. L'evento pluviometrico eccezionale del 19 giugno 1996 in Alta Versilia (Toscana) nel quadro delle precipitazioni delle Alpi Apuane. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A*, 103: 143-159.
- SNEYERS R., 1975. Sur l'analyse statistique des séries d'observations. *Note Technique n. 143, O.M.M. n. 415, Secrétariat O.M.M., Genève, Suisse*: 1-192.
- Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa. Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica, Vigo Corsi, Pisa (senza data).
- Regione Toscana, Dipartimento Agricoltura e Foreste, 1984. Regime idrico dei suoli e tipi climatici in Toscana. Bigi L. e Rustici L. (a cura di), Firenze: 1-129.
- URBANI M., 1956. Sulla ciclogenesi nel Mediterraneo durante l'inverno. *Riv. Meteor. Aeron.*, 16: 30-42.
- THORNTHWAITE C.W., 1948. An approach toward a rational classification of climate, *Geogr. Review*, 38: 55-94.
- THORNTHWAITE C.W., MATHER J.R., 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. *Publications in Climatology*, Centerton, New Jersey, 10 (3).
- VERGARI D., 2006. Contributo alla storia meteorologica di Firenze. Le osservazioni meteorologiche fiorentine fra il 1751 e il 1813. *Annali di Storia di Firenze I*. Firenze, University Press: 99-120.
- VITTORINI S., 1969. Ricerche sul clima del bacino dell'Ombrone grossetano: *Pubbl. Ist. Geogr. Università di Pisa*, 16, Goliardica: 1-141.
- VITTORINI S., 1972 a. Ricerche sul clima della Toscana in base all'evapotraspirazione potenziale e al bilancio idrico. *Riv. Geogr. It.*, 79: 1-29.
- VITTORINI S., 1972 b. Il bilancio idrico in alcuni bacini della Toscana. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem.*, Serie A, 79: 138-149.
- VITTORINI S., 1976. Le condizioni climatiche dell'Arcipelago toscano. *L'Universo*, 56: 147-176.
- ZANCLA A., D'ANDREA, 1970. Isoterme dei mari italiani per il triennio 1967-1969. *Riv. Meteor. Aeron.*, 30 (3): 57-78; 30 (4): 37-46.

(ms. pres. il 20 settembre 2012; ult. bozze il 10 dicembre 2012)

## APPENDICE

TABELLA A: stazioni termometriche

Stazioni	H (m)	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno	Escur.
Bacino idrografico del fiume Magra															
Presa Gordana	368	4,1	5,0	7,2	10,8	14,5	17,8	20,7	20,2	16,9	12,5	8,2	4,6	11,9	16,6
Pontremoli	215	5,2	6,4	9,4	12,9	16,5	20,1	22,7	22,7	19,3	14,8	9,9	6,1	13,8	17,5
Rocchetta	426	4,4	5,5	8,0	11,5	15,3	19,0	21,7	21,5	19,8	13,6	8,8	5,2	12,9	17,3
Bagnone	250	4,1	5,2	8,2	11,4	15,9	19,4	21,8	21,9	18,1	13,6	8,8	5,1	12,8	17,8
Arlia	385	4,5	5,6	8,0	11,9	15,5	19,2	22,0	21,4	18,2	13,5	8,9	4,7	12,8	17,5
Minucciano	792	4,8	5,8	6,6	10,4	15,7	18,2	21,7	22,3	17,4	12,3	7,5	5,3	12,3	17,5
Novergino	55	5,0	6,1	8,2	11,5	15,1	18,9	21,8	21,3	18,5	14,3	9,6	5,7	13,0	16,8
Bacino idrografico del fiume Panaro															
M.te Cimone	2.165	-4,3	-4,6	-3,3	-0,9	3,3	7,4	10,3	10,2	7,5	3,7	-0,5	-3,2	2,1	14,6
Bacini idrografici tra i fiumi Magra e Serchio															
Massa	65	7,3	8,4	10,5	13,5	17,2	21,1	24,0	23,9	21,0	16,7	12,1	8,4	15,3	16,7
Retignano	440	6,7	7,4	9,2	12,1	15,8	19,1	21,6	22,0	19,3	15,2	11,0	7,9	13,9	15,3
Viareggio	3	8,0	8,5	10,5	13,4	16,8	20,5	23,0	22,9	20,4	16,6	12,3	9,0	15,2	15,0
Migliarino P.	3	6,6	8,0	10,5	13,8	17,7	21,5	24,3	24,1	21,1	16,3	11,4	7,8	15,3	17,7
Bacino idrografico del fiume Serchio															
S. Pellegrino A.	1.525	-4,0	-3,5	-0,9	3,1	7,1	11,4	14,7	14,3	10,5	6,0	1,7	-1,6	4,9	18,7
Castelnuovo G.	276	4,3	5,4	8,2	11,3	15,4	19,2	21,8	21,5	18,4	13,8	9,0	5,3	12,8	17,5
Boscolungo	1.340	-1,3	1,7	4,3	4,7	8,8	12,9	15,8	15,5	12,4	7,8	3,3	-0,2	6,7	17,1
Porrino	640	3,3	-1,3	6,2	9,3	13,2	16,4	18,9	18,9	15,6	12,0	7,2	3,9	10,8	15,6
S. Marcello P.	625	4,1	3,3	7,3	10,5	14,4	17,9	20,8	20,6	17,4	13,1	8,5	5,1	12,1	16,7
Sperando	470	4,0	5,1	6,8	9,9	13,8	16,8	19,4	19,4	16,4	12,6	8,0	4,5	11,4	15,4
Bagni di Lucca	146	5,7	7,3	9,3	12,5	16,4	19,6	22,3	22,0	19,0	14,8	9,9	5,7	13,7	16,6
Mutigliano	62	6,2	7,3	9,8	12,9	16,6	20,4	23,2	23,3	20,4	15,8	10,9	7,1	14,5	17,1
Lucca	20	6,3	7,5	10,2	13,3	17,3	21,2	23,9	23,5	20,5	15,6	10,9	7,2	14,8	17,6

Bacini idrografici tra i fiumi Serchio e Arno															
Pisa	6	6,6	7,8	10,3	13,4	17,0	20,6	23,2	23,1	20,2	15,9	11,2	7,8	14,8	16,6
Bacini idrografici dei fiumi Reno e Santerno															
Pracchia	627	1,9	3,1	4,9	7,8	11,8	15,2	17,5	17,5	14,4	10,2	5,7	2,4	9,4	15,6
Maresca	1.043	1,5	1,9	4,0	7,2	11,2	14,9	17,7	17,8	14,8	10,6	5,9	2,5	9,2	16,3
Firenzuola	422	2,1	3,4	6,6	10,5	14,3	18,2	20,7	20,7	17,0	12,2	7,8	3,4	11,4	18,6
Bacino idrografico del fiume Arno															
Camaldoli	1.111	-0,3	0,1	2,6	6,1	10,3	14,4	17,5	17,2	14,1	9,3	4,7	1,0	8,1	17,8
Cortona	393	6,0	7,0	9,7	13,1	17,2	21,4	24,6	24,6	21,2	16,2	11,1	7,1	14,9	18,6
Arezzo	277	5,3	6,4	9,3	12,9	17,0	21,3	24,3	24,2	20,9	15,8	10,5	6,5	14,5	19,0
San Giovanni Vald.	132	4,8	6,2	9,1	12,7	16,8	20,7	23,4	22,9	19,5	14,4	9,3	5,6	13,8	18,6
Vallombrosa	955	1,8	2,1	4,4	7,8	12,1	16,1	19,0	18,6	15,9	11,1	6,6	2,9	9,9	17,2
Borgo S. Lorenzo	193	4,3	5,7	8,6	12,2	16,3	20,3	22,8	22,6	19,2	14,4	9,2	5,2	13,4	18,5
Consuma	950	4,5	5,4	8,0	11,3	15,3	19,2	22,0	21,9	18,6	14,0	9,3	5,7	12,9	17,5
Firenze Ximeniano	79	5,4	6,7	9,7	13,4	17,5	21,6	24,4	23,9	20,4	15,2	10,0	6,5	14,6	19,0
Prato	74	5,8	7,2	10,2	14,0	18,0	21,8	24,6	24,4	21,2	15,9	10,7	6,8	15,1	18,8
Pistoia	88	5,5	6,8	9,7	13,2	17,1	20,9	23,8	23,4	20,3	15,3	10,3	6,4	14,4	18,3
Empoli	38	5,9	7,3	9,9	13,4	17,3	21,2	23,8	23,7	20,5	15,7	10,8	6,9	14,7	17,9
S. Gimignano	332	4,9	5,9	8,5	11,9	15,8	19,6	22,5	22,3	19,1	14,5	9,7	6,1	13,4	17,6
S. Miniato	137	6,6	7,5	10,4	13,8	17,5	21,4	24,4	24,2	21,1	16,3	11,3	7,5	15,2	17,8
Marti	165	5,8	7,0	9,5	12,9	16,7	20,6	23,4	23,2	20,1	15,4	10,6	7,0	14,4	17,6
Pescia	81	6,1	7,2	9,9	13,0	16,7	20,6	23,4	23,0	20,2	15,4	10,8	7,1	14,5	17,3
Castelmartini	23	6,1	7,3	10,1	13,4	17,3	21,1	23,7	23,4	20,4	15,7	10,7	7,0	14,7	17,6
Volterra	500	4,7	5,4	7,9	11,2	15,1	19,2	21,8	22,1	19,0	14,2	9,6	5,8	13,0	17,4
Casciana Terme	141	6,1	7,3	10,0	13,2	17,0	21,0	23,8	23,8	20,6	15,9	10,9	7,6	14,8	17,7
M.te Serra	918	2,0	2,2	5,0	8,3	12,4	16,4	19,6	19,2	15,7	11,3	6,7	3,1	10,2	17,6
Bacino idrografico del fiume Tevere															
Pieve S. Stefano	431	2,9	4,3	6,7	10,2	14,7	18,0	20,6	20,5	17,1	12,5	7,7	4,1	11,6	17,7
S. Sepolcro	330	5,0	5,9	8,6	11,9	15,8	19,7	22,5	22,3	19,2	14,5	9,7	6,1	13,4	17,5
Bacini idrografici tra i fiumi Arno e Ombrone grossetano															
Coltano	1	6,6	8,0	10,5	13,9	17,7	21,5	24,3	24,1	21,1	16,3	11,4	7,8	15,3	17,7
Orentano	27	6,5	7,8	10,4	13,7	17,5	21,3	24,2	23,9	21,0	16,2	11,3	7,7	15,1	18,7
Pontedera	14	5,7	6,9	9,8	13,4	17,4	21,4	24,2	23,6	20,3	15,2	10,3	6,7	14,6	18,5
Nugola	69	6,6	7,8	10,3	13,4	17,1	20,9	23,8	23,5	20,8	16,3	11,4	7,7	15,0	17,2
Livorno	3	8,0	8,6	10,9	13,7	17,2	21,2	23,9	23,6	21,1	16,9	12,6	9,2	15,6	15,9
Larderello	400	5,8	6,3	8,7	11,9	15,7	19,9	22,9	22,7	19,7	14,9	10,4	6,9	13,8	17,1
Bibbona	160	7,1	7,9	10,2	13,5	17,4	21,6	24,3	24,3	21,1	16,4	12,0	8,2	15,3	17,2
Suvereto	112	8,1	8,7	10,8	13,4	17,2	21,1	24,0	24,1	21,4	17,1	12,9	9,4	15,7	16,0
Massa Marittima	370	5,5	6,3	8,7	12,0	16,1	20,1	23,2	22,9	19,9	15,1	10,3	6,8	13,9	17,7
Castel di Pietra	56	6,9	7,9	10,1	12,9	16,7	20,8	23,9	23,1	21,0	16,4	11,6	7,9	14,9	17,0
Grosseto	8	7,3	8,4	10,4	13,1	17,1	21,1	24,0	24,0	21,2	16,6	12,1	8,5	15,3	16,7
Bacino idrografico del fiume Ombrone grossetano															
Monte Uliveto	401	5,8	7,1	9,5	12,7	16,6	20,7	23,6	23,8	20,7	15,8	10,6	6,8	14,5	18,0
Siena	369	5,5	6,4	9,6	12,6	17,5	19,9	24,5	25,1	22,8	18,0	11,7	8,3	15,2	19,6
Chiusdino	564	4,2	5,2	7,9	11,3	15,3	19,7	22,7	22,5	19,2	14,1	9,2	5,8	13,1	18,5
Cotorniano	530	3,2	5,4	7,7	10,7	14,7	18,5	21,7	21,9	18,6	13,7	9,1	5,7	12,6	18,7
Pienza	499	4,5	5,3	7,7	11,3	15,6	19,9	23,1	22,7	19,4	14,3	9,5	5,8	13,3	18,6
Casteldelpiano	639	4,4	4,8	7,2	10,3	14,5	18,7	21,4	21,4	18,2	13,5	9,0	5,7	12,4	17,0
Bacini idrografici tra i fiumi Ombrone grossetano e Fiora															
Alberese	17	6,6	7,3	9,5	12,2	16,1	20,0	22,8	22,7	20,3	15,9	11,4	7,8	14,4	16,2
Manciano	443	5,0	6,0	8,5	11,8	15,7	20,0	23,0	22,8	19,6	14,7	9,8	6,9	13,6	17,0
San Donato	19	7,5	8,2	10,1	12,8	16,6	20,4	23,5	23,4	20,8	16,8	12,2	9,1	15,1	16,0
Orbetello	1	8,6	9,5	11,2	13,8	17,4	21,3	24,2	24,2	21,8	17,8	13,5	9,9	16,1	15,6
M.te Argentario	635	4,9	5,4	7,5	11,0	15,0	18,4	22,2	21,5	18,4	14,8	10,5	6,4	13,0	17,3
Capalbio	209	6,4	7,4	9,6	12,4	16,5	20,6	23,5	23,3	20,5	15,9	11,3	7,8	14,6	17,1

Arcipelago toscano															
Gorgona	225	8,2	8,6	9,6	12,4	15,4	18,6	21,8	21,9	19,5	16,1	12,6	9,2	14,5	13,7
Portoferraio	20	9,9	10,3	11,8	14,2	17,6	21,4	24,3	24,4	21,8	18,0	14,0	10,9	16,6	14,5
Poggio Elba	240	8,4	8,8	10,4	13,9	18,2	21,8	24,7	24,3	21,4	16,6	12,6	9,3	15,8	16,3
M.te Calamita	396	6,7	6,7	8,2	11,5	15,2	19,1	22,4	22,3	18,8	14,8	11,5	8,0	13,8	15,7
Pianosa	15	10,8	10,8	11,8	14,1	17,5	21,2	24,3	24,3	22,0	18,6	15,1	12,1	16,9	13,5
Giglio Franco	160	9,7	10,2	11,7	14,9	18,0	20,7	25,4	24,4	21,0	17,3	13,6	10,3	16,4	15,7

TABELLA B: stazioni pluviometriche

Stazioni	H (m)	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Bacino idrografico del fiume Magra														
Montelungo S.	817	158	131	144	152	106	87	56	77	140	179	270	169	1.669
Pontremoli	237	174	150	155	138	85	82	57	67	136	202	276	184	1.708
Rocca Sigillina	480	148	128	141	139	92	75	57	72	130	181	239	155	1.556
Rocchetta	426	198	176	174	167	94	92	61	66	140	214	294	225	1.900
Parana	695	239	228	221	200	109	104	57	83	172	236	333	250	2.232
Villafranca Lunig.	133	188	167	156	143	93	86	52	77	152	210	277	181	1.782
Iera	494	165	147	156	154	103	94	54	77	140	192	251	187	1.719
Bagnone	250	158	140	137	132	98	86	49	78	133	198	241	176	1.626
Bola di Tresana	400	195	181	169	153	99	83	41	68	142	207	255	208	1.802
Passo del Cerreto	1.140	148	137	102	155	119	109	57	66	161	160	220	177	1.611
Arlia	385	133	122	118	134	92	81	46	65	144	146	193	159	1.433
Minucciano	792	197	172	159	181	122	104	61	74	161	223	288	244	1.986
Equi Terme	300	155	131	142	161	98	79	48	69	134	188	236	194	1.634
Tendola	361	144	112	113	111	77	60	29	55	120	166	192	152	1.331
Bacini idrografici tra i fiumi Magra e Serchio														
Marinella	2	96	83	95	78	71	56	27	46	85	122	137	123	1.018
Massa	65	129	98	107	95	90	70	34	64	95	140	152	133	1.206
Retignano	440	223	179	182	160	140	96	51	98	139	203	221	236	1.927
Pietrasanta	22	125	97	106	89	84	61	29	65	89	137	138	130	1.150
Forte dei Marmi	3	125	98	106	95	89	64	27	70	102	141	157	129	1.202
Camaiore	47	157	121	135	121	119	74	43	84	123	159	170	162	1.467
Torre del Lago	1	102	76	89	75	70	47	19	49	81	107	116	98	928
Viareggio	3	105	81	91	77	77	43	25	59	85	127	119	109	996
Migliarino	3	103	83	91	79	69	49	21	61	93	116	135	111	1.010
Bacino idrografico del fiume Serchio														
Capanne di Sillano	1.040	150	122	133	140	112	90	55	93	120	185	208	183	1.589
Gramolazzo	614	165	130	144	122	113	96	61	103	139	207	223	207	1.709
Vagli di Sotto	562	219	168	172	151	133	106	70	104	152	233	269	268	2.045
Villacollemandina	500	147	119	129	111	97	75	52	79	119	171	198	179	1.474
Pontecosì	334	168	132	143	122	104	76	48	84	133	189	213	199	1.611
Campagrina	850	399	299	285	261	211	143	91	127	202	310	376	409	3.111
Isola Santa	585	328	248	252	207	176	120	71	115	181	276	341	368	2.681
Castelnuovo Garf.	276	186	145	158	126	109	81	49	86	132	192	236	211	1.711
Fornovolasco	470	296	237	228	191	155	118	64	105	159	253	318	319	2.442
Palagnana	710	305	229	236	199	168	122	74	112	162	246	288	310	2.449
Tereglio	578	174	132	140	121	115	79	52	80	123	174	200	184	1.574
Boscolungo	1.340	272	213	253	216	178	127	73	104	165	287	359	342	2.588
Melo	1.007	228	204	217	210	168	124	77	101	166	256	314	305	2.369
Selva dei Porci	750	180	154	169	158	127	99	64	89	141	185	243	220	1.828
S. Marcello Pist.	625	168	140	152	134	102	78	56	76	125	161	215	200	1.604
Prunetta	958	210	184	201	158	134	87	55	92	141	203	254	246	1.964
Bagni di Lucca	146	160	136	144	118	103	73	47	85	133	162	192	185	1.537

Borgo a Mozzano	100	174	145	158	121	114	78	41	88	134	162	204	194	1.612
Mutigliano	62	156	126	130	104	96	65	29	70	108	147	168	164	1.362
Lucca	20	137	107	109	93	82	52	29	64	101	136	152	142	1.203
Bacini idrografici tra i fiumi Serchio e Arno														
Asciano Pisano	50	104	90	105	89	82	53	27	60	100	130	136	119	1.094
Pisa	6	84	69	83	68	65	46	20	65	90	121	116	103	929
Cascine Nuove	4	83	74	81	64	58	42	18	52	74	109	109	101	865
Bacino idrografico del fiume Arno														
Stia	479	94	85	92	81	72	65	44	58	71	100	142	116	1.019
Montemignaiolo	730	148	137	141	130	114	88	56	87	105	146	193	185	1.527
Ortignano	448	115	117	111	100	83	64	37	65	78	123	153	161	1.206
Camaldoli	1.111	157	150	170	154	125	94	65	91	106	160	226	198	1.694
Badia Prataglia	843	147	138	160	152	116	93	62	93	103	154	204	184	1.606
La Verna	1.128	93	95	102	103	90	73	51	74	86	121	151	133	1.171
Bettolle	315	61	66	67	71	58	44	29	43	68	86	100	75	767
Foiano Chiana	315	57	57	63	58	57	46	31	47	66	81	92	74	729
Monte San Savino	330	73	69	78	76	68	57	38	58	75	97	112	94	894
Cortona	393	61	65	68	72	72	50	32	51	70	92	101	79	813
Castiglion Fiorent.	330	61	62	66	64	67	51	34	51	73	85	94	76	783
Arezzo	277	66	69	76	71	72	59	37	54	73	91	102	90	858
Puglia	302	66	66	73	70	67	51	33	56	79	91	105	89	846
Laterina	191	73	75	79	78	64	53	36	57	78	98	109	102	900
Badia Agnano	230	69	75	76	75	62	53	31	50	72	95	120	104	881
Nusenna in Chianti	567	92	98	97	93	84	68	40	60	88	108	141	129	1.097
Manteverchi	170	70	68	76	72	64	52	32	46	71	87	114	90	840
S. Giovanni Vald.	132	56	66	76	64	64	52	29	55	84	89	84	88	805
Renacci	223	71	72	77	69	75	50	30	51	71	82	119	90	856
Pian di Scò	320	76	73	84	78	84	57	38	61	72	98	127	97	945
Palagio	322	81	77	86	75	70	52	35	50	76	95	117	102	914
Vallombrosa	955	113	105	120	120	109	83	49	75	97	131	158	141	1.298
Cavallina	270	148	115	132	106	91	70	32	78	109	132	177	155	1.345
A. Piero a Sieve	341	102	91	104	86	78	56	30	69	84	109	143	126	1.078
S. Agata in Mugel.	372	105	90	100	88	76	63	31	68	85	104	148	114	1.071
Ronta	372	86	84	104	95	83	73	39	75	90	109	138	118	1.094
Borgo S. Lorenzo	193	93	83	99	86	72	54	27	69	76	100	133	112	1.003
Villore	418	84	83	101	102	80	69	40	72	81	97	138	120	1.065
Castagno	725	126	118	129	124	107	91	50	99	101	117	168	142	1.373
Dicomano	180	84	81	94	79	74	62	35	59	74	95	123	115	977
Consuma	950	103	102	115	110	110	83	54	80	86	126	155	132	1.254
Nave di Rosano	80	73	69	82	74	78	59	33	52	65	89	110	99	882
Santa Brigida	400	98	93	104	92	87	67	40	64	83	104	142	122	1.096
Fiesole	295	76	74	82	74	75	55	36	58	66	89	120	97	901
Firenze Ximeniano	79	64	62	70	61	66	48	33	59	65	82	105	84	799
Greve in Chianti	240	68	73	80	70	76	56	45	57	72	92	115	101	904
Ferrone	149	62	66	74	66	70	56	39	49	64	81	102	83	810
Antella	170	68	71	73	71	73	60	35	61	70	91	109	91	874
Cantagallo	582	195	164	174	137	112	74	42	69	109	167	226	224	1.691
Vaiano	150	138	103	124	109	88	67	34	74	96	124	155	155	1.266
Prato	74	94	85	93	78	68	51	31	59	77	99	130	112	967
Piteccio	235	186	147	165	131	102	74	44	75	117	161	204	200	1.604
Cireglio	630	210	168	175	132	111	78	46	86	126	176	224	242	1.772
Pistoia	88	150	123	132	102	84	59	37	70	96	146	170	168	1.336
La Rugea	56	96	80	92	79	73	50	29	60	72	99	130	111	971
Piazza in Chianti	360	73	73	78	73	71	50	45	52	70	92	107	98	883
Corno (tenuta)	324	71	71	80	76	74	58	37	60	74	91	113	97	903
Montespertoli	257	68	62	71	68	63	42	34	55	65	87	105	86	805

Empoli	38	72	63	74	68	59	51	33	49	68	88	105	89	817
Vinci	100	84	77	91	77	69	53	33	49	80	102	127	109	951
Casole d'Elsa	418	66	65	79	70	67	55	35	55	72	100	110	92	865
Colle Val d'Elsa	135	62	64	68	65	54	52	28	50	72	99	106	90	811
Poggibonsi	241	55	58	69	67	62	49	28	42	66	91	97	84	766
S. Gimignano	332	66	67	73	62	56	49	26	51	66	87	99	86	786
Certaldo	70	63	60	71	66	60	51	32	53	69	88	101	88	800
Gambassi	332	78	74	85	77	64	52	38	59	73	100	121	101	921
Castelfiorentino	75	65	61	67	64	55	46	32	48	66	85	102	89	782
Santa Chiara	160	67	63	74	66	61	49	30	50	71	94	104	92	822
Meleto	35	62	55	72	66	59	48	25	53	60	112	101	102	817
San Miniato	137	78	67	76	73	62	57	33	52	76	105	119	101	898
S. Giovanni Corraz.	150	79	68	82	74	61	52	30	50	74	100	112	101	883
Marti	165	78	70	81	76	63	51	27	52	73	110	110	98	889
Boveglio	635	193	156	175	141	123	77	47	89	133	184	206	222	1.746
Stiappa	627	195	160	174	138	118	80	47	79	121	169	212	215	1.709
Serra Pistoiese	810	185	160	171	128	115	70	46	81	122	169	207	207	1.659
Vellano	420	172	149	153	120	109	66	47	80	118	156	193	186	1.547
Pescia	81	140	119	119	100	89	58	34	66	102	133	155	150	1.265
Ponte Buggianese	18	113	98	114	89	79	62	29	60	90	124	142	136	1.135
Montecatini T.	60	137	113	122	99	90	55	32	69	101	131	158	155	1.262
Marliana	380	151	125	135	110	102	60	36	72	107	143	164	166	1.371
Monsummano	27	106	91	100	81	74	49	26	59	82	115	130	127	1.040
Castelmartini	23	104	82	93	80	72	53	28	62	82	119	120	114	1.009
Stabbia	38	109	84	99	82	73	52	30	68	74	120	132	122	1.047
Volterra	500	70	73	82	71	65	50	31	56	73	101	114	86	870
Orciatice	318	88	89	100	84	69	56	37	55	80	119	136	120	1.034
Laiatico	205	75	75	85	72	63	48	29	54	66	105	123	102	899
Terriciola	210	73	74	78	70	59	44	29	52	79	99	113	101	871
Legoli	230	62	64	76	66	66	46	28	52	66	88	99	88	801
Casciana Terme	141	79	79	86	72	64	45	28	55	70	101	129	104	910
S. Giovanni alla V.	16	80	71	85	70	63	48	27	50	86	120	119	104	923
M.te Serra	918	133	108	124	105	103	70	32	59	109	143	164	134	1.284
Montemagno	190	104	86	97	86	81	57	35	49	86	126	134	120	1.060
Bacini idrografici tra i fiumi Arno e Cecina														
Coltano	1	84	74	81	63	64	50	20	58	83	127	126	105	935
Segromigno Monte	65	140	114	113	102	89	61	30	65	85	136	154	148	1.238
Orentano	27	118	99	106	88	72	48	25	54	85	123	143	131	1.090
Staffoli	25	111	91	105	89	71	53	26	54	86	119	140	129	1.074
Pontedera	14	86	76	82	78	65	50	30	55	80	122	121	105	951
Lorenzana	126	65	61	76	63	54	49	25	50	67	113	110	87	820
Parrana S. Martino	131	96	92	99	75	72	57	22	53	76	146	137	123	1.049
Nugola	69	91	77	92	68	63	49	19	50	80	130	125	108	952
Livorno	3	66	59	71	52	54	40	15	39	75	113	106	87	778
Quercianella	20	75	69	82	60	62	43	21	48	71	112	114	101	858
Nibbiaia	280	87	76	96	70	69	50	27	51	84	128	131	110	979
Castelnuovo Miser.	160	79	70	86	65	61	45	24	47	70	118	128	110	903
Terriccio	153	78	73	89	67	62	41	27	45	75	109	127	106	898
Vada	1	66	58	72	54	47	37	20	37	64	93	104	84	736
Bacino idrografico del fiume Cecina														
Anqua	495	87	83	91	83	65	54	27	62	84	123	130	121	1.009
Castelnuovo Val C.	535	101	87	95	83	73	60	32	58	85	120	131	124	1.043
Larderello	400	80	79	88	73	69	55	33	53	79	120	121	101	950
Saline di Volterra	72	71	72	81	65	62	56	27	65	79	114	111	99	901
Cacciatina	65	68	67	76	64	59	55	29	60	73	105	112	86	853
Ponteginori	66	66	69	80	64	55	54	24	53	73	100	111	90	839

Canneto	293	83	82	92	76	70	50	21	56	87	119	122	100	959
Sassa	366	79	76	91	78	60	51	25	56	93	113	119	103	941
Miemo	421	89	87	102	80	71	54	30	56	71	118	140	119	1.017
Montescudaio	242	67	67	83	64	57	49	24	47	70	113	122	99	862
Riparbella	216	67	60	72	59	52	42	25	43	58	94	109	83	763

## Bacini idrografici tra i fiumi Cecina e Ombrone grossetano

Cecina	15	59	56	73	57	50	41	23	41	55	106	113	84	757
Bibbona	160	62	61	81	67	56	43	24	49	72	103	107	86	811
Castagneto Carduc.	171	74	70	86	69	57	44	19	49	71	109	114	92	854
S. Carlo Solvay	350	72	66	88	60	52	41	18	39	60	112	110	89	806
Populonia	170	74	67	79	56	40	31	19	35	58	117	115	85	777
Sasso Pisano	440	104	92	111	88	74	56	36	61	90	129	138	123	1.102
Serrazano	528	86	76	93	76	70	48	28	57	85	129	126	99	974
Suvereto	112	72	65	76	63	52	38	18	37	64	107	103	86	781
Follonica	5	67	50	59	51	41	23	14	37	57	79	97	65	640
Massa Marittima	370	88	81	89	77	65	41	29	54	77	112	114	106	933
Montebamboli	338	89	76	81	75	62	46	23	48	86	116	114	95	908
Montioni	167	83	70	77	66	50	34	19	45	78	109	108	88	827
Scarlino	229	76	70	75	58	46	25	15	38	62	86	111	88	750
Castel di Pietra	56	87	77	80	72	58	39	22	44	72	107	122	100	883
Roccastrada	470	80	70	77	73	66	47	24	48	68	100	107	91	851
Lupo	14	78	65	73	61	47	33	20	36	67	98	122	88	789
Caldana	179	84	75	79	72	54	32	15	45	69	99	116	93	837
Tirli	400	87	75	78	72	49	32	15	37	60	98	111	95	808
Batignano	173	70	63	67	63	48	32	19	41	62	89	108	81	743
Grosseto	8	61	51	58	52	44	27	14	31	51	73	93	67	623
San Leopoldo	4	61	49	56	46	33	21	8	24	51	76	92	67	538

## Bacino idrografico del fiume Ombrone grossetano

Monte Oliveto	401	59	60	65	65	63	51	31	45	65	81	95	71	751
Siena	369	61	61	70	69	59	49	26	41	65	89	112	84	786
Taverne d'Arbia	230	61	62	68	67	70	54	36	51	78	101	109	84	841
Monteroni d'Arbia	160	66	60	73	66	62	46	32	47	82	95	113	89	833
Montalcino	564	69	71	79	74	62	49	30	43	71	91	110	88	840
Boccheggiano	630	113	101	118	96	86	53	29	57	100	130	145	119	1.151
Chiusdino	564	97	81	93	79	70	48	29	52	92	125	134	112	1.012
Cotorniano	530	75	69	83	73	63	49	29	32	83	99	121	97	894
Rosia	205	81	72	92	76	68	49	30	46	97	107	135	108	961
Sovicille	260	79	76	90	76	68	51	28	61	80	108	136	104	955
Torniella	442	108	97	101	95	75	55	30	51	97	122	162	123	1.107
Pari	363	85	82	83	82	73	51	32	45	78	99	122	106	938
Monte Antico	76	71	70	72	66	64	48	30	47	70	103	115	94	850
Spineta	609	85	82	90	80	67	52	33	52	87	110	138	107	984
Santa Isabella	310	52	66	57	55	51	41	24	41	60	74	96	66	673
La Foce	555	62	67	69	69	62	53	34	49	71	91	101	81	806
Pienza	499	53	57	60	68	58	49	26	42	60	75	94	71	713
M.te Amiata Scalo	216	53	57	62	66	59	51	34	51	63	87	102	72	757
Castel del Piano	639	85	82	85	79	64	58	32	54	79	104	137	110	969
Vivo d'Orcia	800	102	106	106	97	75	60	35	47	92	120	157	139	1.136
Paganico	71	78	74	73	78	66	45	28	46	74	95	115	92	863
Campagnatico	160	68	67	71	72	65	43	26	43	70	81	110	86	802
Granaione	84	58	58	62	56	58	43	25	36	66	81	94	82	718

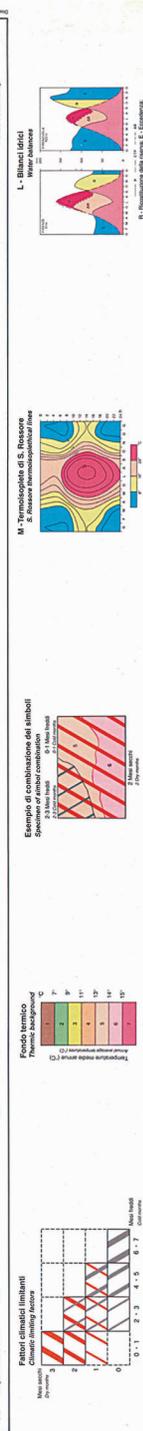
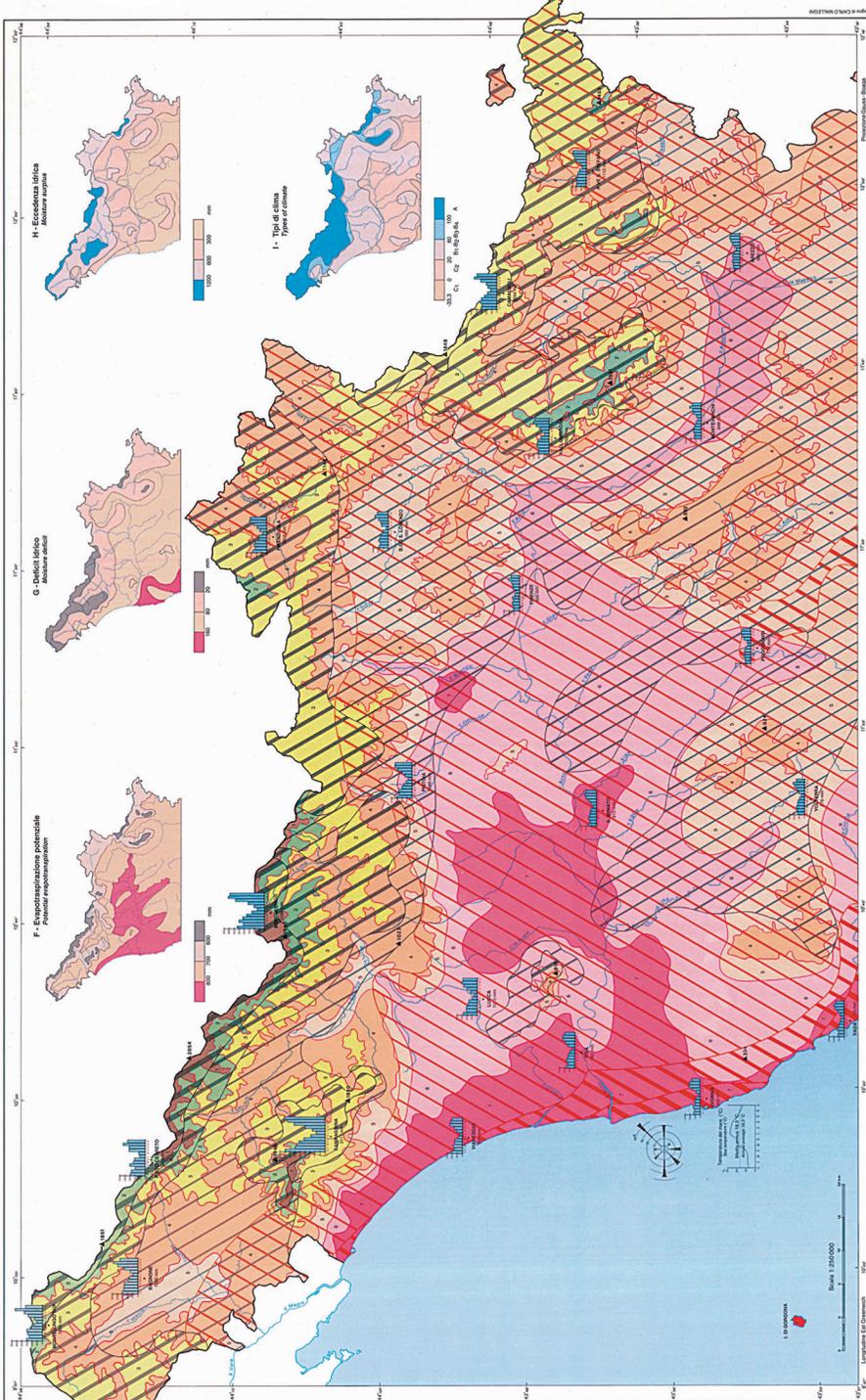
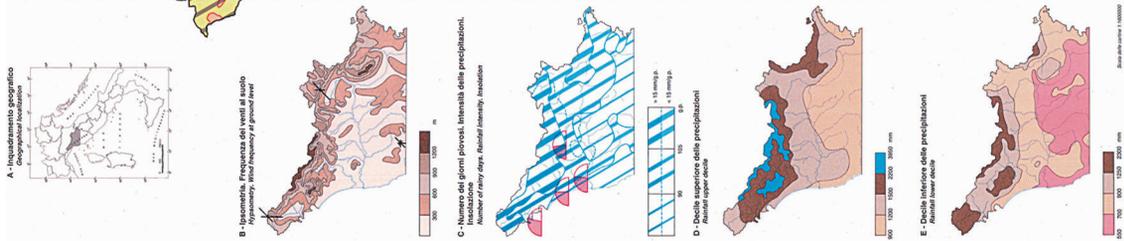
## Bacini idrografici tra i fiumi Ombrone grossetano e Fiora

Alberese	17	69	61	64	54	41	23	14	39	54	81	98	76	674
Talamone	1	73	64	62	53	43	22	8	36	52	89	107	77	686
Poggio Perotto	82	68	64	63	50	43	25	11	33	50	86	100	81	681

Roccalbegna	525	125	118	120	104	79	65	33	57	102	120	166	147	1.238
Poggio Capanne	438	107	103	107	75	66	44	31	52	85	119	151	126	1.067
Pomonte	193	75	76	80	55	56	40	23	47	73	97	115	98	836
Scansano	500	102	92	96	72	69	47	21	43	78	118	139	111	988
Manciano	443	81	70	81	59	57	36	27	39	64	89	123	89	816
Marsiliana	120	73	67	73	48	38	30	10	38	63	89	111	83	724
San Donato	19	67	65	67	48	39	22	8	32	55	92	98	80	669
Orbetello	1	82	71	74	51	36	21	7	34	51	84	111	86	709
Capalbio	209	77	63	66	55	40	30	11	21	61	106	131	91	753
Arcipelago toscano														
Gorgona	225	48	46	47	30	29	21	11	16	51	59	71	61	490
Capraia	75	50	72	60	39	28	20	11	28	50	87	82	77	604
Pianosa	15	41	34	36	34	24	14	6	20	32	50	57	55	403
Giglio Campese	5	75	80	68	49	42	19	10	51	56	95	67	57	669
Giglio Franco	160	63	67	51	35	33	14	7	45	41	61	53	51	521
Giglio Castello	407	81	71	61	39	36	19	7	41	40	66	65	55	881
Giglio P.ggio Pag.	420	76	84	78	49	42	20	9	50	48	93	69	60	678
Portoferraio	25	56	60	55	49	34	23	18	36	41	76	65	56	569
P. Schiopparello	32	75	82	64	57	37	13	11	42	48	103	75	62	669
Poggio Elba	240	134	105	98	71	52	30	11	60	71	126	92	93	943
Procchio	8	77	96	93	59	46	18	11	56	52	117	71	67	763
M.te Capanne	960	90	71	70	55	53	25	14	52	60	99	69	73	731
Il Pino	65	82	90	75	60	44	23	12	43	58	100	62	66	715
S. Piero in Campo	226	69	77	67	46	42	25	15	40	66	92	82	66	687
Capoliveri	167	74	83	68	50	39	16	8	40	61	88	76	62	705
M.te Calamita	396	70	71	52	47	37	22	18	31	51	82	92	78	651
Bacini idrografici del versante adriatico														
Piastre	741	244	220	226	180	137	96	61	103	156	214	281	299	2.215
Maresca	1.043	203	192	204	181	136	101	61	96	152	211	268	267	2.072
Pracchia	627	199	182	196	168	127	97	56	87	150	207	252	248	1.969
Orsigna	806	297	214	239	205	167	117	70	116	176	235	260	287	2.384
Treppio	710	167	136	161	156	101	84	47	70	120	180	242	230	1.695
Piancaldoli	500	86	85	86	102	67	72	36	63	79	92	145	120	1.035
Traversa	871	176	155	170	142	111	87	46	76	117	171	229	224	1.705
Firenzuola	422	135	113	125	116	81	81	40	69	97	129	170	164	1.319
Barco	741	151	137	149	151	115	96	49	88	125	155	205	200	1.620
Pietramala	845	132	129	140	143	101	82	45	67	97	150	203	186	1.474
Marradi	335	97	94	107	113	81	76	44	76	93	99	144	128	1.150
Bacino idrografico del fiume Tevere														
Pieve S. Sepolcro	431	96	99	96	91	82	67	36	60	102	121	136	137	1.122
San Sepolcro	330	72	76	79	81	68	57	46	53	89	94	123	93	930
Toppole	453	73	87	80	83	70	50	35	56	84	86	119	99	920
Palazzo del Pero	406	94	87	96	88	83	60	47	61	98	103	132	111	1.059

FRANCO RAPETTI - SEBASTIANO VITTORINI  
**CARTA CLIMATICA DELLA TOSCANA CENTRO - SETTENTRIONALE**  
*Climatic map of central and northern Tuscany*

**CONSIGLIO REGIONALE DELLE RISERVE**  
 Centro di Studi per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino - Pisa



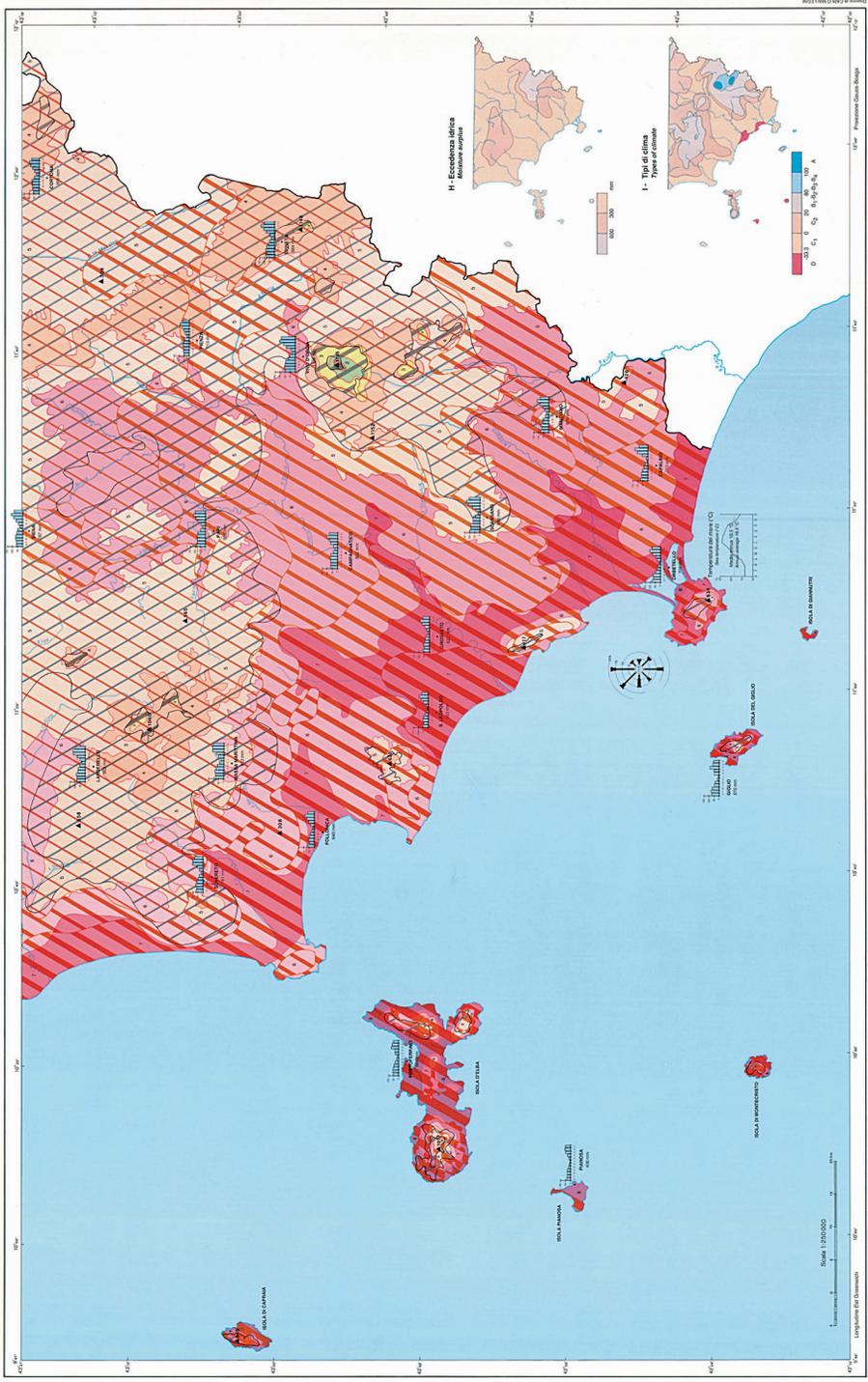
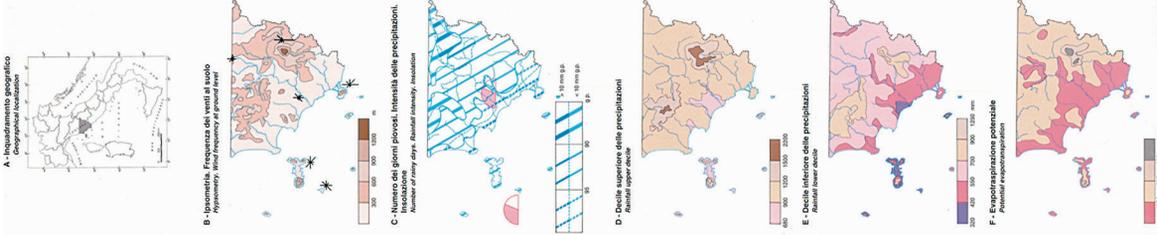
Scale 1:250,000  
 Longitudine Est (Orizzonti)  
 Latitudine Nord (Orizzonti)  
 Direzione del vento (Rosetta)

FRANCO RAPETTI - SEBASTIANO VITTORINI

# CARTA CLIMATICA DELLA TOSCANA CENTRO - MERIDIONALE E INSULARE

Climatic map of Central Southern and insular Tuscany

**CORSAIO RICERCHE DELLE RICERCHE**  
Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino - Pisa



Fonte: Franco Rapetti, Sebastiano Vittorini