STUDIO PRELIMINARE SULLA MICROZONAZIONE BIOCLIMATICA CONDOTTO IN UN'AREA VITICOLA COLLINARE

SIMONE ORLANDINI*, MARCO MANCINI**

- * CNR-IATA. Piazzale delle Cascine 18. 50144 Firenze, Italia. Tel. 055.354895, fax 055.350833. E-mail: orlandi@sunserver.iata.fi.cnr.it
- ** CeSIA Accademia dei Georgofili. Logge Uffizi Corti. 50122 Firenze, Italia.

RIASSUNTO

La caratterizzazione bioclimatica del territorio rappresenta un elemento sempre più importante per il miglioramento dell'attività agricola. La conoscenza degli andamenti assunti dai parametri meteorologici può consentire di individuare le peculiarità dei singoli appezzamenti aziendali, ottimizzando le scelte sia in termini tattici (esecuzione dei più opportuni interventi colturali) che strategici (scelta delle specie o varietà più idonee a valorizzare ciascun ambiente). La temperatura dell'aria è uno dei fattori climatici che maggiormente influenza lo sviluppo e la crescita della vite e rappresenta l'elemento centrale per molti studi di zonazione bioclimatica condotti su macro e mesoscala. Considerando che nelle nostre zone la viticoltura di qualità è presente soprattutto in ambienti collinari dove la variabilità termica è accentuata, lo studio delle relazioni esistenti fra regime termico, caratteristiche del territorio e comportamenti vegeto-produttivi della vite assume un'importanza rilevante soprattutto quando condotto a scala inferiore. Nel presente studio all'interno dell'azienda "Fattoria di Poggio Casciano" (circa 100 ha di superficie con altitudine compresa tra 120 e 270 m s.l.m.), sita nella zona viticola del Chianti in Provincia di Firenze, sono state collocate 24 stazioni termometriche in posizioni rappresentative delle principali caratteristiche topografiche. Sulla varietà Sangiovese sono stati inoltre rilevati i più importanti parametri fenologici e produttivi. I dati raccolti hanno permesso di analizzare le principali caratteristiche climatiche del territorio considerato, l'influenza che i singoli parametri topografici esercitano sull'andamento termico e le relazioni clima - pianta.

Summary

The bioclimatic classification of territory represents one of the most important point in the improving of agricultural activity. The knowledge of climatic trends can allow to assess the main characteristics of the considered area, thus improving decision making both for strategic (choices of crop, cultivar, level of input required) and tactical aims (day-to-day decision taken during the growing season). Air temperature is one of the most important climatic elements, affecting growth and development of crop and representing the basis of many bioclimatic classifications at meso and macro-scale. However in our regions high quality

viticulture is performed in hilly areas, where a strong temperature variability can be found. Thus, the analysis of the relationships among temperature patterns, territory characteristics and grapevine cultivation seems to be very important particularly at micro-scale. On these bases, 24 temperature stations were located according to the main topographical characteristics of the "Fattoria Poggio Casciano" farm (about 100 ha with an elevation ranged from 120 to 270 meters above sea level), located in Chianti area close to Florence - Italy. On Sangiovese variety, the main phenological and productive parameters were monitored during the growing season. Finally, collected data were analysed to assess the climatic characteristics of the area, the influence of the single topographical parameters on temperature trends, the relationships between climate and crop.

INTRODUZIONE

La caratterizzazione ambientale si pone alla base del concetto di zonazione viticola e rappresenta un elemento essenziale per l'individuazione delle aree maggiormente vocate a tale coltura, definendone inoltre le principali caratteristiche produttive, sia in termini quantitativi che qualitativi. La valutazione dell'ecosistema viticolo si sviluppa con indagini condotte sui tre elementi essenziali che lo caratterizzano: il clima, il suolo, il vitigno-portainnesto (Fregoni, 1990). I fattori climatici rappresentano indubbiamente elementi essenziali in questo ambito, per la loro diretta influenza sui comportamenti vegeto produttivi delle piante. Per descrivere e quindi quantificare tali interazioni vengono generalmente utilizzati opportuni indici bioclimatici. Essi permettono di definire la durata della stagione vegetativa, il rischio di gelate, la durata del periodo arido, etc., che sono direttamente correlabili alla risposta che ciascuna coltura può manifestare in un certo ambiente. Altri più complessi legano le condizioni climatiche alle caratteristiche produttive della coltura, definendo in modo particolare alcuni aspetti qualitativi, ad esempio ottenimento di vini bianchi, rossi o da dessert. Tra i più utilizzati troviamo l'indice eliotermico di Huglin, la somma termica di Winkler, l'indice di Branas (Huglin, 1986) la cui validità è stata ampiamente confermata da numerosi autori (Intrieri et al., 1993; Fregoni et al., 1992).

Molti lavori negli ultimi anni hanno permesso di caratterizzare aree viticole di dimensioni diverse, consentendo contemporaneamente di stabilire i criteri e di raccogliere un'ampia gamma di dati di riferimento. Tuttavia raramente i risultati di questi lavori possono essere direttamente utilizzati nella gestione pratica del vigneto, poiché le dimensioni del territorio analizzato, definibile a livello di macro o meso - scala, parzializzano la situazione reale a livello aziendale riducendone l'applicabilità nella realtà operativa. Si tratta quindi di importanti analisi, la cui validità si esplica soprattutto in termini di pianificazione territoriale ed i cui utenti principali possono essere enti locali, consorzi, cooperative, etc.

La più piccola scala individuabile, definibile micro-zonazione, riguarda invece la dimensione aziendale. In questo caso i dati puntuali possono essere estesi all'intera superficie in esame, descrivendone le caratteristiche principali ed individuando le "unità territoriali naturali di base", cioè le aree che risultano uniformi e dove il vigneto può fornire risposte omogenee (Campostrini et al., 1997; Parodi, 1997). In questo modo le informazioni disponibili possono essere utilizzate per individuare le potenzialità dei singoli vigneti e conseguentemente per la loro pianificazione e gestione da parte dell'operatore.

Indubbiamente, per le aree di limitata estensione ad elevata variabilità morfologica, quali quelle caratteristiche delle tipiche aziende toscane, la distribuzione dei parametri meteorologici è fortemente influenzata da specifici caratteri micro-topografici del territorio, quali quota, distanza dal fondovalle, esposizione, copertura vegetale, più che da caratteri macro-geografici

(latitudine, distanza dal mare, etc.), la cui influenza può essere ritenuta costante su tutti i punti del territorio studiato. Infatti, in tali condizioni le variabili topografiche influenzano molto da vicino l'andamento dei parametri climatici, e quindi dei comportamenti vegeto-produttivi delle piante, la cui distribuzione spaziale assume andamenti molto diversi anche a breve distanza (Moriondo et al. 1998).

E' sulla base di queste considerazioni che la ricerca è stata sviluppata con l'obiettivo di caratterizzare i territori di una azienda viticola, tipica delle colline toscane del Chianti. Nei punti più rappresentativi sono state collocate le stazioni meteorologiche e sono stati misurati parametri fenologici e produttivi. Le loro relazioni sono state analizzate e le possibilità di una loro utilizzazione per la rappresentazione cartografica della vocazionalità territoriale è stata discussa.

MATERIALI E METODI

La ricerca è stata condotta a partire dal 1995 nella azienda agricola "Fattoria di Poggio Casciano", localizzata nel Comune di Bagno a Ripoli in Provincia di Firenze. Geograficamente è posta tra 11°20'-11°21' di longitudine est e 43°41'-43°42' di latitudine nord. L'estensione è di circa 100 ha, caratterizzati da condizioni orografiche piuttosto complesse (Fig. 1). Possono essere infatti individuate tre vallate principali, prevalentemente orientate da est ad ovest, con fondovalle ad una quota di circa 140-160 metri e versanti esposti verso sud e nord con quote fino a 250-270 metri. La pendenza media dei versanti è dell'ordine del 12-13 %. Possono inoltre essere individuati versanti esposti verso ovest nella parte più orientale della azienda.

L'indirizzo produttivo è prevalentemente viticolo - olivicolo, con alcune superfici coperte da seminativi. Le varietà di vite sono quelle tipiche dell'uvaggio del vino Chianti, con una netta prevalenza del Sangiovese e presenza di Canaiolo, Malvasia e Trebbiano. La forma di allevamento è quella tipica del cordone speronato, con circa 5-6 speroni a due gemme per pianta. Normali programmi di coltivazione, lavorazione, fertilizzazione e protezione delle colture sono applicati in azienda.

Per la definizione delle caratteristiche micro e topoclimatiche del territorio aziendale, sono state collocate ventiquattro stazioni termometriche (Fig. 2). E' stata scelta la temperatura dell'aria in quanto si tratta di un parametro climatico fondamentale, espressione diretta del bilancio radiativo, in grado di influenzare le dinamiche degli altri fattori meteorologici ed i comportamenti delle piante. La localizzazione delle stazioni è stata valutata in base alle principali caratteristiche topografiche, in maniera da ottenere una descrizione significativa di tutte le condizioni presenti. In particolare su di ogni versante, le stazioni sono state disposte secondo la linea di massima pendenza ad intervalli regolari dal fondo valle fino al crinale, tenendo conto dei più importanti fattori topografici (quota, distanza dal fondo valle, pendenza, esposizione). Ciascuna stazione (Fig. 3) è costituita da un termistore schermato e da un data logger (Hobo -Onset Computer Corporation) alimentato da una batteria a lunga durata. La scelta si è indirizzata verso questa strumentazione per il loro basso costo e la facilità di utilizzazione, associati ad una soddisfacente accuratezza (0.1 °C) e risoluzione (0.02 °C). I dati sono stati acquisiti con intervalli orari ed elaborati per determinare i valori massimi, minimi e medi giornalieri. Per ottenere un quadro più completo delle condizioni climatiche, sono stati utilizzati i dati provenienti da una stazione agrometeorologica completa, localizzata nel centro aziendale e fornita di sensori per la misura della temperatura, umidità relativa, radiazione solare, precipitazioni, velocità e direzione del vento, bagnatura fogliare.

Nel corso della stagione vegetativa è stato inoltre condotto uno studio fenologico sulla varietà più rappresentativa, il Sangiovese. Nei pressi di ciascuna stazione termometrica collocata in vicinanza dei vigneti (13 stazioni), sono stati eseguiti, ad intervalli settimanali su di un campio

ne di circa 10 viti omogenee, rilevamenti fenologici dal germogliamento alla maturazione. Per la definizione e descrizione delle fasi fenologiche, è stata utilizzata la scala proposta da Eichorn e Lorenz. In concomitanza sono stati eseguiti rilievi di maturazione dell'uva, mediante determinazione del contenuto zuccherino con rifrattometro, su di un campione di circa 100 acini raccolti nei pressi di ciascuna stazione meteorologica.

La definizione delle caratteristiche bioclimatiche della superficie aziendale è stata realizzata mediante alcuni indici proposti da vari autori per descrivere i principali aspetti del rapporto clima-pianta. In una prima fase sono stati utilizzati i seguenti indici che descrivono i comportamenti fenologici della pianta (McIntyre et al., 1981; Moriondo et. al., 1999):

Sommatoria termica temperature attive (s.t.a). Questo indice è stato calcolato sommando le temperature medie giornaliere sottratte di una soglia termica di sviluppo. Quest'ultima, in accordo a numerosi studi che identificano soglie per le fasi fenologiche, è stata individuata in 10 °C, 7 °C, 4 °C e 0 °C.

$$\sum\nolimits_{0}^{n} (Tm - Ts)$$

dove:

0 = data di inizio fase fenologica

n = data di conclusione fase fenologica

Tm = temperatura media giornaliera

Ts = soglia termica di sviluppo

Sommatoria escursioni termiche (s.escur.). Il valore è ottenuto dalla somma delle differenze fra i valori massimi e minimi giornalieri delle temperature registrate nelle diverse stazioni meteorologiche.

$$\sum\nolimits_0^{\rm N} (T \max - T \min)$$

dove:

0 = data di inizio fase fenologica

n = data di conclusione fase fenologica

Tmax = temperatura massima giornaliera

Tmin = temperatura minima giornaliera

Sommatoria temperature massime (s.max). Il valore è ottenuto dalla somma delle temperature massime giornaliere.

$$\sum_{n=0}^{n} (T \max)$$

dove:

0 = data di inizio fase fenologica

n = data di conclusione fase fenologica

Tmax = temperatura massima giornaliera

Tali indici climatici sono stati calcolati a partire dal primo gennaio, dal primo marzo e dal primo aprile fino alla conclusione delle più importanti fasi fenologiche: germogliamento, fioritura, invaiatura, maturazione (individuata dal raggiungimento di 20° Brix). I medesimi indici sono stati inoltre determinati per l'intervallo di tempo relativo al passaggio da ciascuna fase fenologica alla successiva.

Per completare la descrizione bioclimatica dei territori aziendali sono stati calcolati altri indici, in grado di definire gli aspetti produttivi degli ambienti colturali (Benincasa et al., 1991). La

loro analisi è di grande importanza, soprattutto per valutare le caratteristiche della coltura (varietà, tecnica colturale, etc.) più adatta a valorizzarne le potenzialità:

durata stagione vegetativa. E' definita dal numero dei giorni disponibili per lo sviluppo della coltura. Viene calcolata in base alla temperatura media giornaliera superiore ad una soglia minima di sviluppo, che in questo caso è stata indicata in 10 °C. Tale soglia può comunque essere fissata a valori diversi a seconda delle caratteristiche della coltura o della specie presente.

Epoca della ripresa vegetativa. Indica il momento in cui le condizioni climatiche consentono la ripresa vegetativa della coltura, permettendo lo sviluppo delle fasi fenologiche iniziali della coltura (germogliamento, germinazione, etc.). Viene determinata individuando il primo giorno dell'anno nel quale le temperature medie giornaliere risultano stabilmente superiori alla soglia di sviluppo.

Rischio di gelate. Definisce il rischio delle gelate tardive, molto pericolose in quanto in grado di danneggiare gravemente la coltura nelle prime fasi di sviluppo. Può essere individuata in base all'ultimo giorno in cui sono state registrate temperature minime inferiori a 0 °C. La soglia è indicativa, in quanto ciascuna fase fenologica può manifestare temperature critiche diverse, talvolta anche superiori di qualche grado agli 0 °C.

Indice di Huglin. E' generalmente utilizzato per descrivere le caratteristiche produttive degli ambienti viticoli con particolare riferimento agli aspetti produttivi. Questo indice, basato sulla temperatura, tiene conto della escursione termica giornaliera mediante una correzione legata alla temperatura massima ed una agli effetti di differenti regimi radiativi.

$$\sum_{laprile}^{30 \, settembre} ((Tm-10) + (T \, \text{max} - 10)) * K / 2$$

dove:

Tm = temperatura media giornaliera

Tmax = temperatura massima giornaliera

K = coefficiente basato sulla lunghezza del giorno. Il suo valore è stato fissato in 1.036 ritenuto valido per le regioni centrali italiane (Orlandini et al., 1993)

Il passaggio da informazioni puntuali, elaborate in base ai valori misurati nelle 24 stazioni termometriche, ad una descrizione globale delle caratteristiche bioclimatiche di tutti i territori aziendali è stato condotto con approcci diversi, tutti comunque rivolti alla analisi degli effetti delle condizioni micro-topografiche o macro-geografiche sulla variabilità spaziale e temporale dei parametri meteorologici. Sono stati inoltre considerati anche i possibili effetti delle condizioni del tempo atmosferico (cielo sereno, nuvoloso, etc.). Le relazioni così individuate possono quindi essere utilizzate per calcolare i valori assunti dalla temperatura in funzione delle caratteristiche del territorio. Nel presente studio di micro-zonazione gli effetti dei fattori topografici, considerando costanti quelli geografici, sono stati analizzati per mezzo di una metodologia che ha permesso di calcolare i coefficienti della regressione fra ciascun parametro topografico ed i valori di temperatura (Moriondo et al., 1998).

RISULTATI E DISCUSSIONE

L'analisi delle relazioni esistenti fra temperatura e condizioni topografiche di ciascuna stazione termometrica è riportata nelle tabelle 1 e 2 con la presentazione di due situazioni estreme relative ai mesi invernali: temperatura massima con cielo coperto e temperatura minima con cielo sereno. L'analisi ha permesso di evidenziare come la quota è stato il parametro maggior

mente correlato con le variazioni delle temperature massime, che mostrano una ridotta variabilità a causa delle condizioni di cielo coperto. Per le temperature minime un ruolo significativo è svolto anche dalla distanza dal fondovalle, in quanto responsabile del fenomeno di inversione termica che si osserva in condizioni di stabilità, quando l'aria fredda più densa fluisce nei fondo valle originando un gradiente termico inverso. Bassa è la correlazione esistente con gli altri due parametri considerati, pendenza ed esposizione, che non sembrano in grado di influenzare significativamente il regime termico sul territorio.

L'analisi dei principali indici bioclimatici (Tab. 3) ha permesso di evidenziare significative differenze fra le caratteristiche dei diversi appezzamenti del territorio aziendale. Sia per quanto riguarda la durata della stagione vegetativa, che varia fra 183 e 199 giorni, sia il rischio di gelate, variabile fra il 18 ed il 24 aprile, sia la data di inizio della stagione vegetativa, compresa fra il 2 ed il 14 marzo, possono essere riscontrate condizioni estremamente diversificate, legate ai fattori caratteristici di ciascuna stazione termometrica. Per quanto concerne la valutazione dei rischi di gelate, è necessario sottolineare come il 1997 sia stato un anno particolare, con una gelata tardiva intensa che ha provocato ingenti danni alle piante ed alla loro produzione. E' interessante osservare come l'analisi dei dati consenta di individuare questi eventi sfavorevoli, confrontando il rischio di gelata con la data di inizio della stagione vegetativa. Nella stagione analizzata, la ripresa vegetativa ha infatti preceduto di circa un mese la data della gelata, che ha colpito le piante in una fase avanzata di sviluppo, particolarmente sensibile agli abbassamenti termici. Interessante anche la valutazione della durata della stagione vegetativa che differisce di circa due settimane fra la stazione più calda e quella più fredda. Si tratta di un range molto ampio, in grado di influenzare significativamente la risposta vegeto - produttiva della coltura, modificando i giorni disponibili per il completamento del ciclo vegetativo e per i processi di maturazione. Anche per quanto riguarda i valori delle sommatorie termiche con base 10°C e dell'Indice di Huglin è possibile rilevare che le variazioni osservate (circa 300 unità per la sommatoria e 200 unità dell'indice di Huglin) rappresentano un'importante indicazione della presenza di ambienti colturali diversi, la cui conoscenza può essere sfruttata per migliorare l'attività agricola.

Per quanto riguarda il rapporto fra gli indici bioclimatici e la fenologia della coltura, sono stati determinati i valori medi, la deviazione ed il coefficiente di variazione degli indici bioclimatici calcolati per ciascuna stazione termometrica (Tab. 4). Il coefficiente di variazione, calcolato dal rapporto percentuale fra la deviazione standard e la media, rappresenta un'utile misura della consistenza dell'indicatore. Esso assume valore zero per un ideale indice che non presenta variazioni fra le stagioni e le postazioni, mentre valori maggiori indicano una forte variabilità e quindi una peggiore stabilità dell'indice.

I risultati mostrano che il primo gennaio rappresenta la data migliore per iniziare a valutare l'accumulo termico, mentre sia il primo marzo che il primo aprile presentano valori più alti del coefficiente di variazione. La variabilità di tutti gli indici decresce inoltre con il trascorrere della stagione vegetativa, a partire dal germogliamento fino alla maturazione. Il confronto fra gli indici, determinati per ciascuna fase fenologica, mostra come le sommatorie termiche calcolate con una soglia di 0 °C forniscano i migliori risultati, evidenziando una consistente stabilità in tutte le condizioni considerate (fase fenologica, epoca inizio accumulo, etc.). Le altre sommatorie termiche mostrano risultati via via peggiori con l'aumentare del valore della soglia termica inferiore, tanto che i 10 °C, comunemente utilizzati, forniscono costantemente la maggiore variabilità. L'escursione termica mostra in questa analisi i peggiori risultati, sebbene alcuni studi abbiano evidenziato come essa possa essere un utile indicatore per la fase compresa fra fioritura e maturazione in quanto in grado di comprendere l'effetto di numerosi fattori ambientali (McIntyre et al., 1981). Ottime indicazioni possono invece essere ottenute dalla sommatoria

delle temperature massime, in quanto in grado di rappresentare al meglio i periodi ad alto e basso input energetico che influenzano le fasi di sviluppo della coltura (ipotesi utilizzata fra l'altro anche in altri indici bioclimatici, quali quello di Huglin).

Per quanto concerne l'analisi degli indicatori calcolati negli intervalli fra ciascuna fase e la successiva, possono essere ritenute valide le considerazioni fatte precedentemente nel confronto fra i diversi indici e soglie (Tab. 5). E' comunque da notare come la fase compresa fra la fioritura e l'invaiatura sia fortemente correlata con i parametri climatici, come mostrato dai bassi valori del coefficiente di variabilità. I peggiori risultati sono stati invece osservati per il periodo successivo, mentre una situazione intermedia è stata rilevata per la fase compresa fra il germogliamento e la fioritura.

CONCLUSIONI

Questa analisi preliminare ha permesso di evidenziare l'importanza delle relazioni fra la coltura e le condizioni meteorologiche dei diversi ambienti colturali. Soprattutto in zone a morfologia variabile, possono essere rilevate condizioni climatiche estremamente diversificate che si riflettono in comportamenti vegeto-produttivi eterogenei. La loro conoscenza può rappresentare indubbiamente un elemento essenziale per una corretta gestione aziendale, sia di ordine tattico (decisioni in tempo reale relative alla necessità di un determinato intervento) sia di ordine strategico (preventiva pianificazione dell'organizzazione aziendale).

Le zonazioni bioclimatiche richiedono la conoscenza di serie prolungate di dati climatici, generalmente riferiti a serie storiche di 20 o più anni. Alcuni studi (Seghi et al., 1996) hanno comunque messo in evidenza che interessanti indicazioni possono essere ottenute anche dall'analisi di un numero più limitato di anni, consentendo infatti di avere soddisfacenti descrizioni in termini relativi, cioè inerenti alle differenze esistenti fra i diversi territori aziendali. E' quindi in base a questo presupposto che tali micro-zonazioni possono trovare la loro giustificazione, poiché è ragionevole ipotizzare un impegno da parte della singola azienda agricola in progetti a breve termine (3-4 anni), in grado di fornire interessanti informazioni sulle caratteristiche delle superfici aziendali.

Questo tipo di analisi trova un'ottimale espressione mediante rappresentazioni cartografiche, eseguite anche con l'ausilio di sistemi informativi geografici, che permettono di descrivere gli andamenti climatici, fenologici e produttivi in funzione delle caratteristiche della superficie aziendale. E' inoltre possibile realizzare integrazioni delle informazioni, con cartografie riassuntive dei diversi livelli di informazioni disponibili ed in grado di descrivere la maggiore o minore vocazione dei territori studiati.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare il Dottor Paolo Folonari ed il Dottor Guido Reghini per il supporto, l'interesse e la disponibilità che hanno permesso l'esecuzione di questa ricerca.

BIBLIOGRAFIA

- BENINCASA F., MARACCHI G., ROSSI P. (1991). *Agrometeorologia*. Patron Editore, Bologna.
- CAMPOSTRINI F., FALCETTI M., CIPRESSO R. (1997). Gestire il territorio con la zonazione: le esperienze nel vigneto Italia. Vignevini, 1/2: 50-61.
- FREGONI M. (1990). Viticoltura generale. REDA, Roma.
- FREGONI M., ZAMBONI M., BOSELLI M., FRASCHINI P., SCIENZA A., VALENTI L., PANONT A., BRANCADORO L., BOGONI M., FAILLA O., FILIPPI N., LARUCCIA N., NARDI I., LEGA P., ZINONI F., LIBÈ A., (1992). Ricerca pluridisciplinare per la zonazione viticola della Valtidone (Piacenza, Italia). Vignevini, 11: 53-80.
- HUGLIN P. (1986). Biologie et écologie de la vigne. Payot Lousanne, Parigi.
- INTRIERI C., FILIPPETTI I., SILVESTRONI O., MARCHEGIANI E., MURRI A. (1993). Zonazione bioclimatica e primi rilievi fenologici nella viticoltura della Regione Marche. Vignevini, 6: 62-68
- MCINTYRE G. N., LIDER L. A., FERRARI N. L. (1981). The chronological classification of grapevine phenology. Am. J. Enol. Vitic., 33: 80-85.
- MORIONDO M., ORLANDINI S., ZIPOLI G. (1999). *Modelli di simulazione della fenologia della vite*. Manuale INAPA, Firense (in stampa).
- MORIONDO M., BERTINI D., MANCINI M., ORLANDINI S. (1998). *Preliminary investigation of spatial variability of temperature in a hilly area*. In: atti del corso su analisi della variabilità spaziale dei fattori climatici. Volterra 28 settembre/1 ottobre 1997.
- ORLANDINI S., BINDI M., GOZZINI B. (1993). Effect of CO2-indiced climatic change on viticultural environments of cool climate regions of Italy. Viticultural and Enological Sciences, 48: 81-85.
- PARODI G. (1997). *Valorizzazione del territorio secondo i criteri della zonazione vitivinicola*. Vignevini, 1/2: 40-48.
- SEGHI L., BINDI M., GOZZINI B., MARACCHI G., ORLANDINI S. (1996). Analisi preliminare della variabilità spaziale della temperatura in un ambiente collinare toscano. Rivista di Agronomia, 30: 540-545.

Figura 1- Mappa aziendale con rappresentazione delle curve di livello.

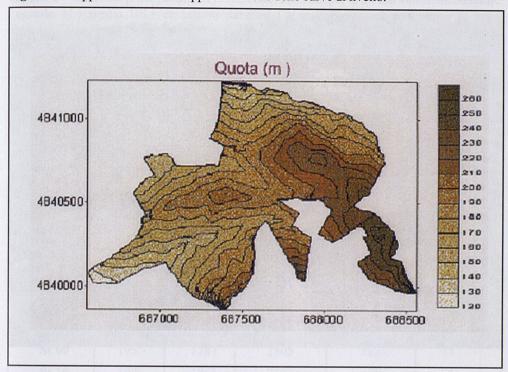
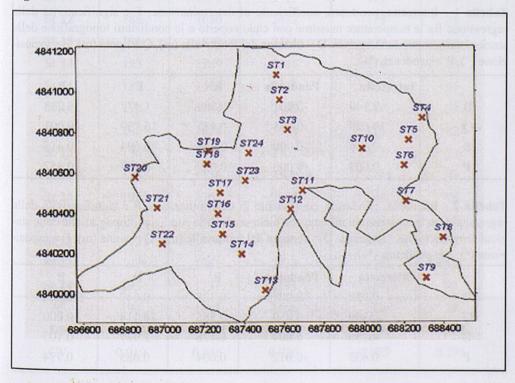


Figura 2 - Localizzazione delle stazioni termometriche.



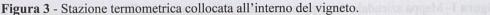




Tabella 1 - Intercetta, pendenza, coefficiente di determinazione, F e significatività della regressione fra le temperature massime con cielo coperto e le condizioni topografiche delle stazioni termometriche. Legenda: D = distanza dal fondovalle (m), Q = quota (m), E = esposizione (°), P = pendenza (%).

1.76	Intercetta	Pendenza	R ²	F	P
D	9.149	-0.001	0.069	1.477	0.238
Q	10.026	-0.005	0.455	16.739	0.001
E	9.116	-0.000	0.034	0.694	0.415
P	0.003	0.006	0.029	0.587	0.452

Tabella 2 - Intercetta, pendenza, coefficiente di determinazione, F e significatività della regressione fra le temperature minime con cielo sereno e le condizioni topografiche delle stazioni termometriche. Legenda: D = distanza dal fondovalle (m), Q = quota (m), E = esposizione (°), P = pendenza (%).

	Intercetta	Pendenza	\mathbb{R}^2	F	P
D	-0.959	0.007	0.325	9.647	0.006
Q	-5380	0.030	0.585	28.214	0.000
E	-0156	0.004	0.128	2.927	0.103
P	0.453	-0.012	0.004	0.085	0.774

Tabella 3 - Valori dei principali indici bioclimatici calcolati per le 24 stazioni termometriche. Legenda: M = media, DS = deviazione standard, CV = coefficiente di variazione. Vedere il testo per il significato delle altre abbreviazioni.

STAZIONE	Stagione Vegetativa (giorni)	s.t.a.>°C (°C)	Indice Huglin (01/04-30/09)	Rischio gelate (giorno dell'anno)			
	(01/04-3	1/10)					
St 01	192	1793 2588		114	73		
St 02	196	1805	2417	114	73		
St 03	197	1863	2444	108	64		
St 04	189	1615	2371	114	73		
St 05	194	1751	2406	108	73		
St 06	196	1843	2437	108	64		
St 07	196	1772	2405	114	64		
St 08	199	1865	2434	108	64		
St 09	195	1787	2505	113	73		
St 10	198	1865	2507	108	64		
St 11	193	1796	2439	114	73		
St 12	186	1630	2432	115	73		
St 13	196	1837	2461	109	64		
St 14	193	1769	2396	114	73		
St 15	183	1565	2453	115	91		
St 16	192	1784	2495	114	73		
St 17	195	1824	2514	114	72		
St 18	196	1864	2501	113	73		
St 19	193	1756	2509	114	73		
St 20	192	1763	2502	114	73		
St 21	197	1891	2624	114	61		
St 22	192	1774	2577	114	73		
St 23	198	1851	2432	108	61		
St 24	193	1731	2393	114	73		
M	194	1783	2468	112	70		
DS	3.765	82.377	65.044	2.758	6.406		
CV	CV 0.019 0.046		0.026	0.025	0.091		

Tabella 4 - Principali indicatori climatico-fenologici determinati a partire dal primo gennaio (A), primo marzo (B) e primo aprile (C). Legenda: M = media, DS = deviazione standard, CV = coefficiente di variazione. Vedere il testo per il significato delle altre abbreviazioni.

Fase		g.g.	s.t.a.>10°	s.t.a.>7°	s.t.a.>4°	s.t.a.>0°	s.escur.	s.max
Germogliam.	M	91.54	29.73	149.30	362.02	717.92	1119.76	1327.13
	DS	4.79	5.59	20.93	35.25	48.15	192.16	122.57
	CV	0.052	0.188	0.140	0.097	0.067	0.172	0.092
Fioritura	M	158.38	333.19	631.19	1040.98	1664.27	2109.37	2779.15
	DS	6.90	50.50	59.69	71.62	92.59	317.33	246.53
	CV	0.044	0.152	0.095	0.069	0.056	0.150	0.089
Invaiatura	M	228.69	1208.72	1719.56	2340.28	3244.80	3298.98	4982.25
	DS	5.06	53.45	67.37	79.62	93.32	405.38	256.52
	CV	0.022	0.044	0.039	0.034	0.029	0.123	. 0.051
Maturazione	M	246.77	1429.93	1992.62	2667.10	3643.32	3603.10	5546.18
	DS	6.04	69.08	89.32	106.85	124.48	425.44	266.40
	CV	0.024	0.048	0.045	0.040	0.034	0.118	0.048
Tabella 4 - B								
· Fase		g.g.	s.t.a.>10°	s.t.a.>7°	s.t.a.>4°	s.t.a.>0°	s.escur.	s.max
Germogliam.	M	91.54	18.44	93.74	190.58	320.73	495.21	579.00
	DS	4.79	4.44	16.66	26.58	42.63	126.34	103.93
	CV	0.052	0.241	0.178	0.139	0.133	0.255	0.180
Fioritura	M	158.38	321.89	575.63	869.54	1267.07	1484.82	2031.02
	DS	6.90	50.90	62.69	81.36	107.14	249.53	231.46
	CV	0.044	0.158	0.109	0.094	0.085	0.168	0.114
Invaiatura	M	228.69	1199.35	1664.00	2168.83	2847.60	2674.43	4234.12
	DS	5.06	53.12	66.32	77.01	91.30	338.42	241.97
	CV	0.022	0.044	0.040	0.036	0.032	0.127	0.057
Maturazione	M	246.77	1418.64	1937.06	2495.66	3246.12	2978.55	4798.05
	DS	6.04	68.49	86.76	99.12	115.64	360.78	256.29
	CV	0.024	0.048	0.045	TO A STATE OF THE PARTY OF THE	0.036	0.121	0.053
Tabella 4 - C								
Fase		g.g.	s.t.a.>10°	s.t.a.>7°	s.t.a.>4°	s.t.a.>0°	s.escur.	s.max
Germogliam.	M	91.54	4.50	17.90	32.47	51.90	87.29	97.94
	DS	4.79		14.07	25.85	41.69	77.45	82.99
	CV	0.052	0.803	0.786	0.796	0.803	0.887	0.84
Fioritura	M	158.38		489.09	690.78	964.32	1021.52	1487.79
	DS	6.90	53.70	70.29	90.31	117.39	197.42	216.92
	CV	0.044		0.144			0.193	0.140
Invaiatura	M	228.69		1577.47				3690.89
Anvanaga	DS	5.06	The second secon	64.80				228.30
	CV	0.022			PROPERTY OF BUILDING	ESTABLISHED CONTRACTOR	A CONTRACTOR OF THE PARTY OF TH	0.062
Maturazione	M	246.77			2316.91	2943.37		4254.82
	DS	6.04		81.54				246.22
	CV	0.024		0.044	0.041	0.039		0.058

Tabella 5 - Principali indicatori climatici determinati per l'intervallo fra due fasi fenologiche consecutive. Legenda: M = media, DS = deviazione standard, CV = coefficiente di variazione. Vedere il testo per il significato delle altre abbreviazioni.

Fase		g.g.	s.t.a.>10°	s.t.a.>7°	s.t.a.>4°	s.t.a.>0°	s.escur.	s.max
Germ/Fior	M	66.85	303.46	481.89	678.96	946.34	989.61	1452.03
	DS	4.67	51.43	60.14	71.80	88.44	148.67	161.87
	CV	0.070	0.169	0.125	0.106	0.093	0.150	0.111
Fior/Inv	M	70.31	875.53	1088.38	1299.30	1580.53	1189.61	2203.10
	DS	2.98	38.72	45.20	52.80	63.48	102.87	73.74
	CV	0.042	0.044	0.042	0.041	0.040	0.086	0.033
Inv/Mat	M	18.08	221.21	273.06	326.83	398.52	304.12	563.93
	DS	4.21	54.48	65.54	77.58	93.67	72.38	130.64
	CV	0.233	0.246	0.240	0.237	0.235	0.238	0.232