2. CARATTERIZZAZIONE AGROCLIMATICA

2. CARATTERIZZAZIONE AGROCLIMATICA

La vite prospera nei climi temperati, quelli che Koeppen nella sua classificazione dei climi mondiali definisce come climi C, adatti a una buona agricoltura; in particolare l'area della Terradeiforti si colloca proprio nel cuore di una vasta regione geografica vocata alla coltura della vite che si estende dal Nord Africa alla Francia centrale.
Il regime termo-pluviometrico mostra come temperature e precipitazioni si comportano nel corso dell'anno. In particolare le temperature manifestano un tipico minimo invernale che cade intorno a gennaio e un massimo estivo intorno a luglio. Il regime delle precipitazioni presenta invece due massimi pluviometrici, in primavera e autunno, e due minimi, in inverno ed estate. Il minimo invernale è sintomo di vicinanza dell'area centro-europea mentre quello estivo, meno spiccato, è sintomo di mediterraneità.
Tutti gli effetti sopra descritti sono modulati da fattori che agiscono a livello locale e fra i quali assumono una particolare rilevanza:

- il rilievo, che genera una vasta gamma di effetti topoclimatici quali (i) gli effetti dell'esposizione su soleggiamento e riscaldamento diurno delle pendici oppure (ii) gli effetti di giacitura sull'accumulo notturno di aria fredda o ancora (iii) gli effetti della forma del rilievo sui regimi di brezza;
- l'appartenenza al grande bacino padano-veneto che costituisce un areale di transizione fra quello centro-europeo a clima oceanico e quello a clima mediterraneo;
- la vicinanza di grandi sorgenti di calore e/o umidità quali la pianura padana, il Lago di Garda e il mare Adriatico. Tali aree non sono estranee alla vivace attività temporalesca estiva che è una nota caratteristica dell'ambiente in esame e che presenta vantaggi in termini di rifornimento idrico cui si abbinano possibili problemi di danni da grandine e da erosione.

Il clima dell'area viticola indagata si caratterizza per la presenza di estati calde ma non afose e di inverni relativamente freddi, mentre le precipitazioni sono ripartite in modo abbastanza omogeneo nell'arco dell'anno.
L'analisi delle temperature medie mensili mostra una media annua di 12,5-14 °C, con temperature medie estive di 22 e 24 °C e medie invernali di 3,5-5,5 °C; il mese mediamente più freddo risulta gennaio, con una media delle minime vicina a 0 °C e una media delle medie di 3-5 °C. Il mese più caldo risulta invece luglio con medie comprese fra 22-24 °C.
Il superamento primaverile della soglia di 10 °C nelle temperature medie ha luogo fra la seconda e la terza decade di marzo e la discesa autunnale al di sotto di tale soglia nella prima quindicina di novembre, per cui la stagione di crescita della vite ha una durata media di 220-250 giorni.
La temperatura media di ottobre (fra 13,5 e 15,5 °C) è abbondantemente al di sopra del limite di 10 °C, che può essere considerato il limite europeo per la viticoltura commerciale (Lamb, 1966).

Tabella 2.1 – Principali fattori che determinano il clima della TerradeiForti

LOCALIZZAZIONE ALLE MEDIE LATITUDINI cui si associano: • la vicinanza di "regioni sorgenti" di masse d'aria • la circolazione atmosferica (es: grandi correnti occidentali)
APPARTENENZA ALLA REGIONE PADANO-ALPINA (grande catino delimitato dalle catene alpina e appenninica e con un'apertura principale verso est)
STRUTTURA LOCALE DEL RILIEVO (giacitura, pendenza, esposizione) da cui derivano caratteristici effetti topoclimatici su: - **radiazione solare** - **temperatura** (es: aree di fondovalle e di compluvio con accumulo notturno di aria fredda da cui derivano nebbie, gelate e brinate; pendici caratterizzate da maggiore mitezza) - **umidità relativa** (es: aree di fondovalle con valori più elevati) - **precipitazioni** (intensificazioni orografiche di origine locale) - **vento** (brezze di monte e di valle)
COPERTURA DEL SUOLO ad esempio un suolo nudo rispetto a uno coperto da vegetazione si scalda molto di più durante il giorno e si raffredda più velocemente di notte
PRESENZA DI GRANDI MASSE IDRICHE (ALTO ADRIATICO, LAGO DI GARDA) da cui derivano effetti caratteristici quali: - mitigazione delle temperature (gli estremi si smorzano, per cui le aree litoranee rispetto a quelle della piena pianura padana presentano temperature medie più elevate in inverno e più basse in estate) - cessione di umidità all'atmosfera (favorevole, ad esempio, all'attività temporalesca estiva) - atmosfera più limpida - venti (brezze di mare e di lago) Da notare che l'Alto Adriatico è un bacino interno relativamente freddo rispetto, ad esempio, al Mar Tirreno, per cui l'effetto mitigante sul clima appare attenuato

Figura 2.1 – Il diagramma illustra l'andamento delle temperature minime giornaliere nel corso dell'anno per la stazione di Dolcè. La linea rossa è la media, l'area in verde indica la zona di piena normalità, l'area gialla indica un'anomalia moderata; i valori fortemente anomali ricadono infine nell'area in arancio. In base a questo schema si deve giudicare fortemente anomala una minima di -8°C in gennaio o una minima di 10 °C a luglio; al contrario minime di -2 °C a gennaio o di 18 °C a luglio sono da considerare del tutto nella norma. Gli elaborati sono stati eseguiti su pacchetti di 5 giorni (pentadi) con riferimento al periodo 1993-2007 (elaborazione su dati forniti dal Servizio Meteorologico dell'ARPAV)

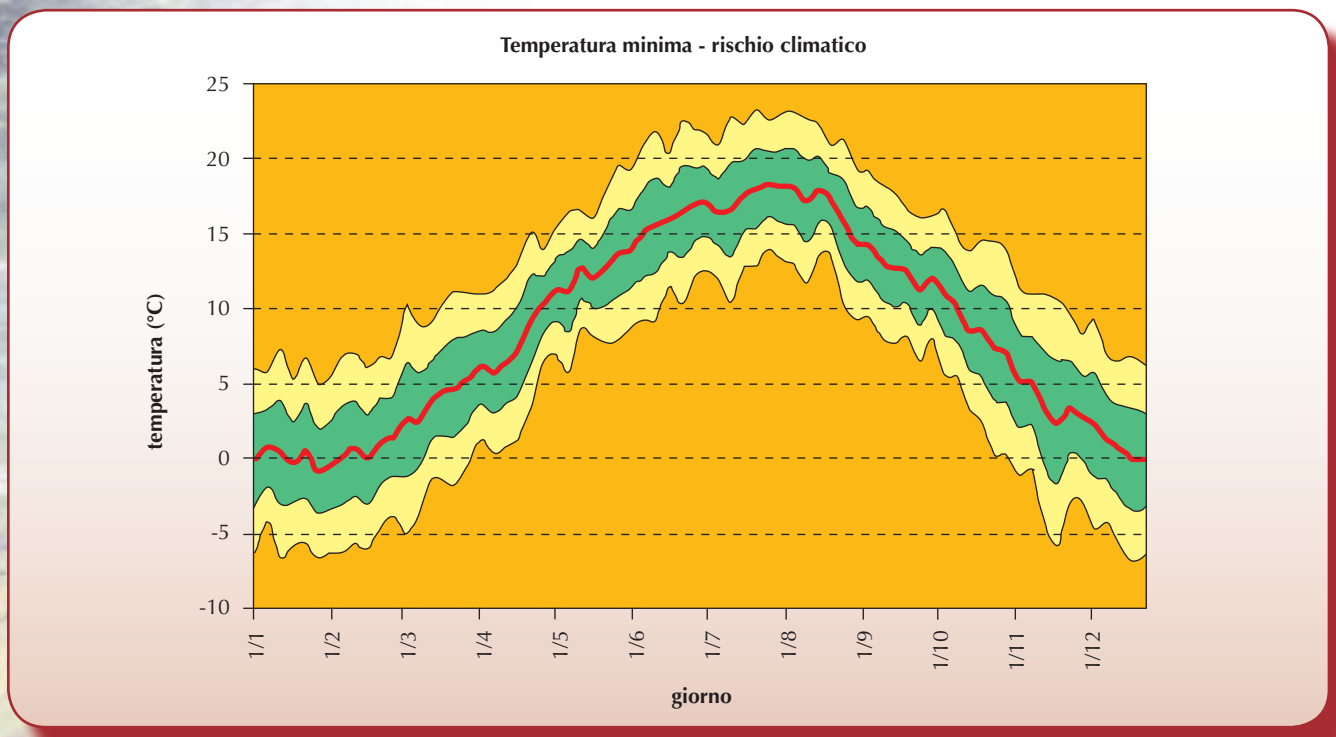


Figura 2.2 – Il diagramma illustra l'andamento delle temperature massime giornaliere nel corso dell'anno per la stazione di Dolcè. La linea rossa è la media, l'area in verde indica la zona di piena normalità, l'area gialla indica un'anomalia moderata; i valori fortemente anomali ricadono infine nell'area in rosso. In base a questo schema si deve giudicare fortemente anomala una massima di 15 °C in gennaio o una massima di 39 °C a luglio; al contrario minime di 5 °C a gennaio o di 32 °C ad agosto sono da considerare del tutto nella norma. Gli elaborati sono stati eseguiti su pacchetti di 5 giorni (pentadi) con riferimento al periodo 1993-2007 (elaborazione su dati forniti dal Servizio Meteorologico dell'ARPAV)

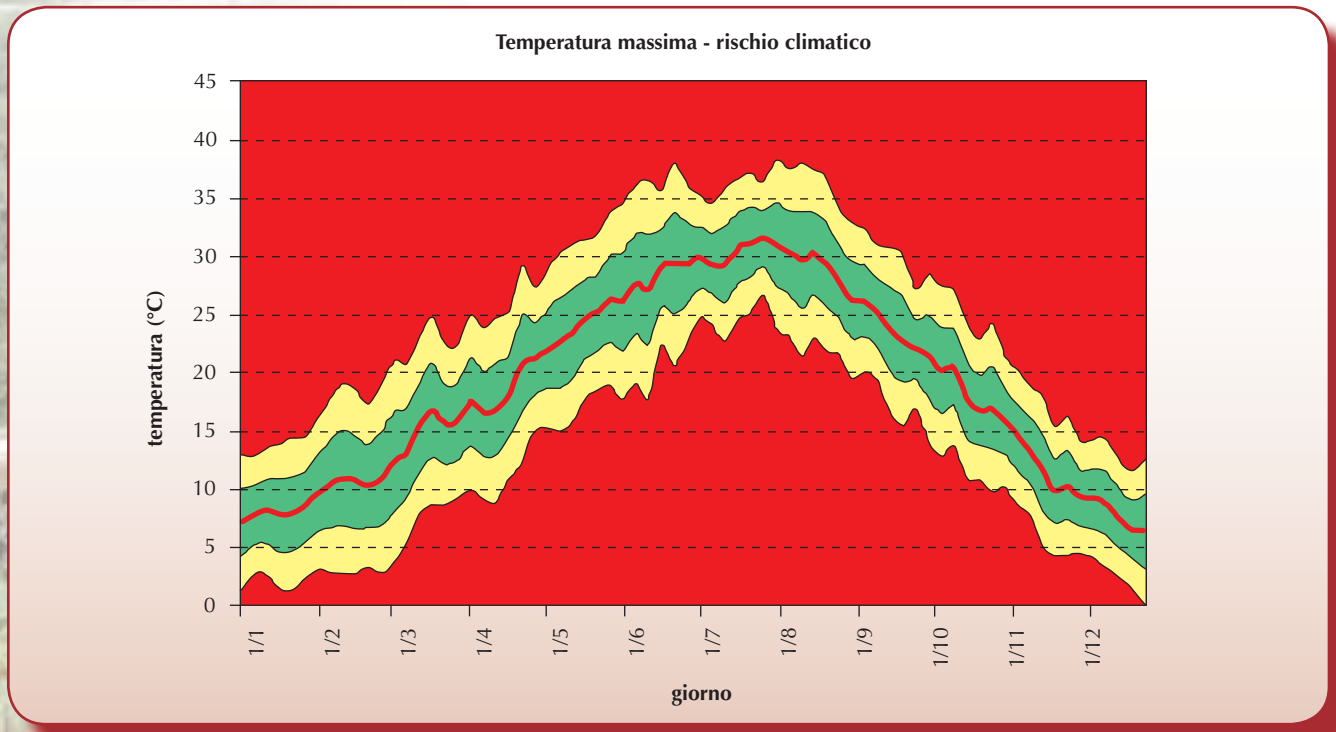
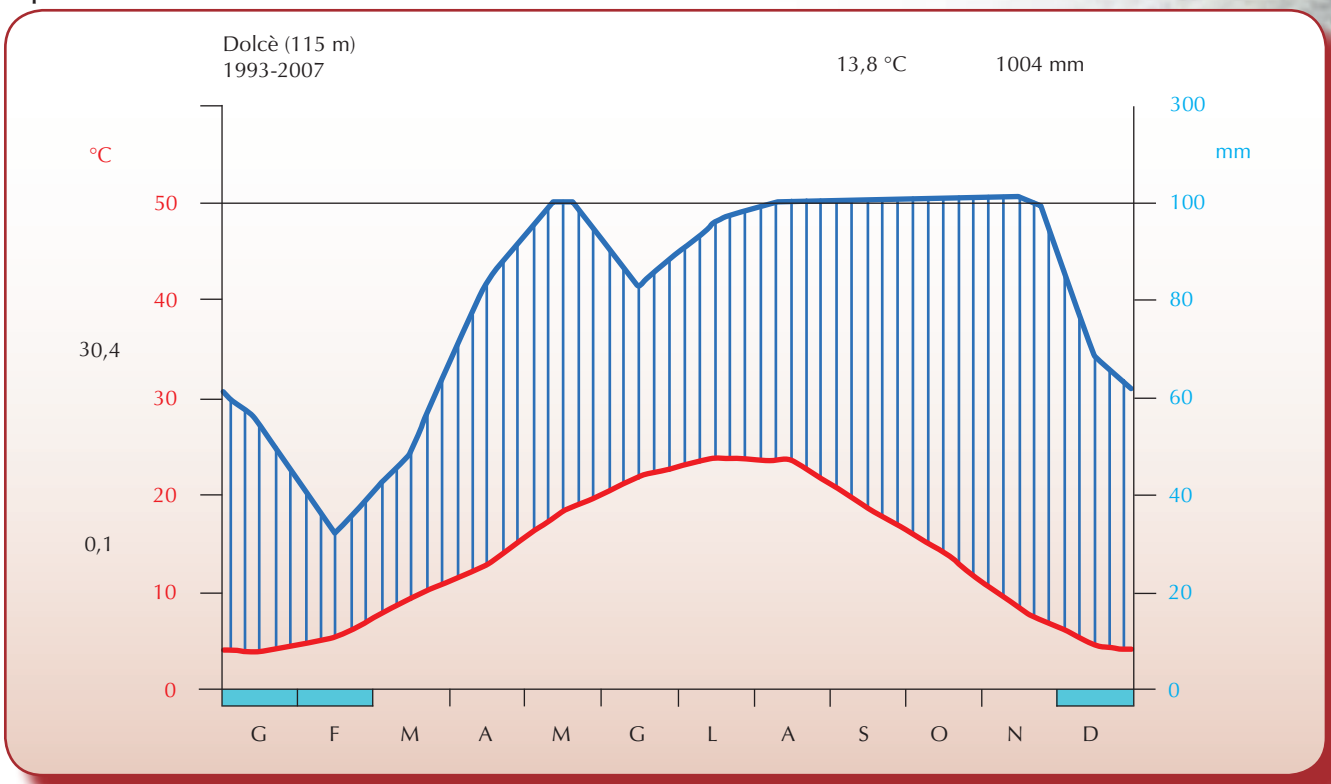


Figura 2.3 – Diagramma di Walter e Lieth per la stazione di Dolcè. La linea blu indica l'andamento delle precipitazioni mensili mentre la linea rossa indica l'andamento delle temperature mensili. Il fatto che la linea delle precipitazioni non scenda mai al di sotto di quella delle temperature indica l'assenza di un periodo di forte aridità



Le precipitazioni medie annue sono comprese fra 800 e 1.250 mm, con un regime pluviometrico a due massimi (il principale in autunno e il secondario in primavera) e due minimi (il principale in inverno e il secondario in estate).
Una classificazione di sintesi è utile per l'inquadramento di massima dell'areale viticolo Terradeiforti in termini di mesoclima. In questa sede è stata utilizzata la classificazione di Koeppen rivisitata da Pinna per l'area italiana (Mennella, 1972), secondo la quale essa presenta un clima di tipo temperato subcontinentale, che si qualifica per:

- temperature medie annue comprese fra 10 e 14,4 °C;
- media del mese più freddo fra -1 e 3,9 °C;
- da 1 a 3 mesi con medie termiche superiori a 20 °C;
- escursione termica annua (differenza fra temperatura media del mese più freddo e di quello più caldo) di oltre 19 °C.

2.1 LE FONTI DI DATI

I dati climatici alla base di questa indagine provengono dalla rete meteorologica operativa di Arpa Veneto, a cui si è fatto riferimento anche per il recupero dei dati termo-pluviometrici della rete dell'ex Servizio Idrografico. Il Modello Digitale del terreno è quello del Servizio Foreste della Regione Veneto. Il supporto climatologico fornito alle attività di zonazione non si è limitato alla sola indagine agroclimatica di sintesi oggetto di questa relazione ma si è altresì esteso alla produzione con l'ausilio di adeguate procedure geostatistiche degli elaborati specifici relativi ai vigneti guida per le annate interessate dalla zonazione stessa.

2.2 INQUADRAMENTO DELL'INDAGINE

Le indagini agroclimatiche, condotte facendo ricorso a tecniche agrometeorologiche (WMO, 1981), hanno lo scopo di valutare la vocazione alla viticoltura definendo in termini quantitativi sia le risorse climatiche sia le limitazioni imposte dal clima alla coltura della vite.

Nel caso specifico dell'area della Terradeiforti le **risorse climatiche** indagate sono state:

- la radiazione solare e nello specifico quella frazione di energia solare (radiazione fotosinteticamente attiva o PAR) utile per il processo di fotosintesi e che è alla base della produzione degli zuccheri e delle altre sostanze organiche elaborate dalla vite;
- le risorse termiche espresse in forma di gradi giorno (indice di Winkler) o di altri opportuni indici;
- le risorse idriche descritte tanto in termini di precipitazione che di riserva idrica presente nel terreno;

- gli aspetti anemometrici e igrometrici caratteristici dell'area in esame.

Fra gli **elementi climatici limitanti**, l'attenzione è stata focalizzata in particolare su:

- temperature invernali e primaverili inferiori ai valori critici;
- temperature estive superiori al cardinale massimo;
- limitazioni idriche (siccità);
- precipitazioni abbondanti durante la raccolta e nel periodo immediatamente precedente.

Indagare i fenomeni climatici che interessano un territorio impone di suddividerli secondo **scale spaziali** caratteristiche; in Tabella 2.2 si riporta lo schema di classificazione cui ci si è attenuti nel corso del lavoro.

Tabella 2.2 – Classificazione dei fenomeni climatici secondo scale spaziali

Tipo	Dimensione spaziale (valori puramente orientativi)	Esempio
Macroclima	Oltre 500 km	clima europeo, clima mediterraneo
Mesoclima	50-500 km	clima padano, clima insubrico
Clima locale	1-50 km	clima di un versante collinare, di una piccola valle
Microclima	< 1 km	clima di un vigneto

In proposito si deve rilevare che la ricerca ha operato alle seguenti scale:

- **a livello di mesoclima e clima locale**, in modo tale da evidenziare i tratti agroclimatici salienti che incidono sulla vocazione viticola del territorio oggetto di indagine;
- **a livello di microclima** con livelli di dettaglio tali da scendere fino al singolo vigneto. Da ciò deriva il fatto che tutte le carte termiche, pluviometriche, radiative e di bilancio idrico riportate nel testo sono state basate su dati numerici riferiti a celle unitarie di dimensioni di circa 4 ettari (200 x 200 m).

Occorre peraltro precisare che l'indagine microclimatica presenta tutta una serie di limitazioni, prima fra tutte il fatto che il maggiore dettaglio pone inevitabilmente in evidenza la variabilità a microscala tipica delle risorse radiative e termiche, rendendo arduo il tracciamento di linee nette di separazione fra territori a differente vocazione, scopo per il quale è da privilegiare l'analisi mesoclimatica.

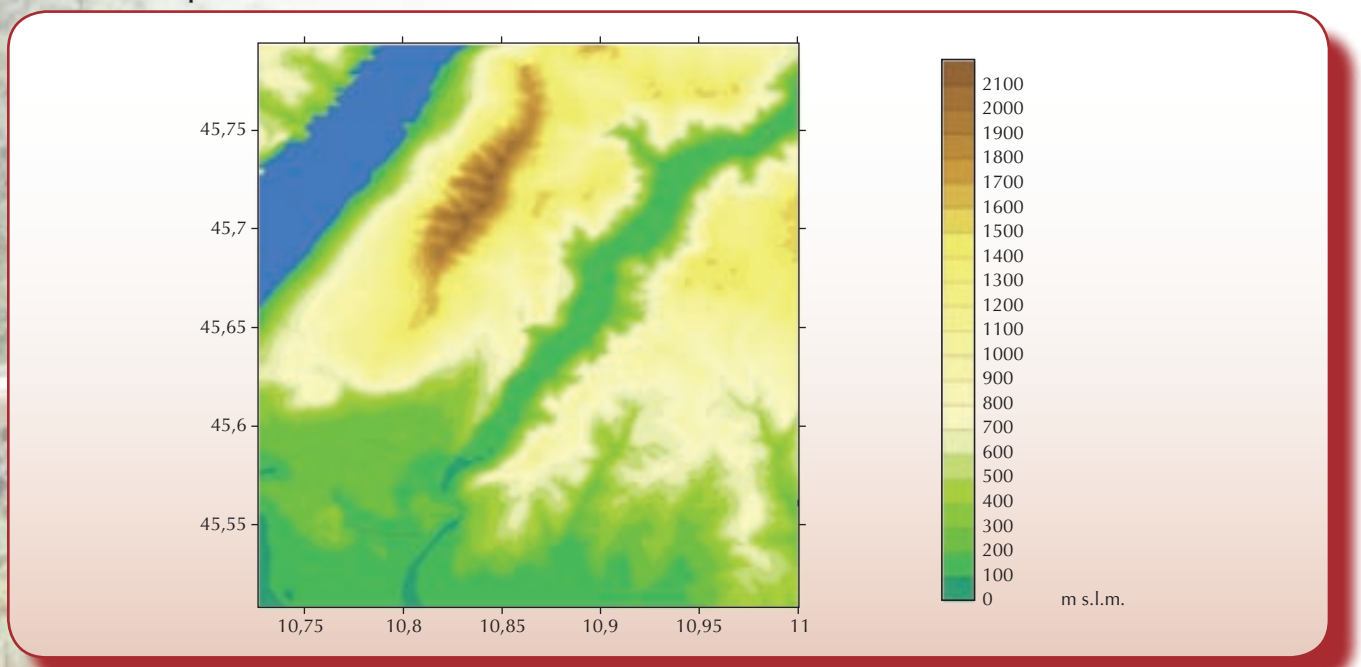
2.3 LA TEMPERATURA DELL'ARIA E L'ANALISI DELLE RISORSE TERMICHE

La temperatura dell'aria nel vigneto è frutto di tre principali categorie di fenomeni:

- il bilancio energetico della chioma e del terreno (fenomeno a microscala);
- l'apporto di masse d'aria calda o fredda da aree vicine - brezze di monte/valle (fenomeno a scala locale);
- l'apporto di masse d'aria calda o fredda dalle "regioni sorgenti" (fenomeno a macroscala).

Nel presente lavoro l'analisi del campo termico si fonda su un algoritmo di spazializzazione che utilizza come variabili correlate alla temperatura dell'aria l'esposizione e la quota, ricavate da un modello digitale del terreno (Figura 2.4).

Figura 2.4 – Modello digitale del terreno (DTM) utilizzato per l'analisi agroclimatica. Il DTM è composto di celle elementari di circa 90 x 90 m e le altitudini sono espresse in metri



In pratica, con riferimento a una generica cella xy a temperatura incognita si è provveduto a omogeneizzare in termini di quota ed esposizione tutti i valori noti. L'omogeneizzazione è stata eseguita applicando opportuni gradienti altitudinali ed esposizionali.
Le equazioni di regressione lineare delle temperature medie rispetto alla quota sono riportate in Tabella 2.3. Si noti l'ottima correlazione lineare esistente fra quota e temperatura media mensile, che da un lato indica la qualità accettabile dei dati utilizzati e dall'altro garantisce la possibilità di ottenere una spazializzazione realistica del dato.
Si osservi inoltre che il gradiente medio espresso in °C/100 m è più basso nei mesi invernali per effetto dello smorzamento dovuto all'accumulo di aria fredda nei fondivalle.
Si tratta di gradienti medi mensili abbastanza vicini a quelli ottenuti da altri autori e riportati in Tabella 2.5. I gradienti riportati in Tabella 2.4 sono stati pertanto adottati per l'analisi del campo termico che è alla base dell'individuazione del cumulo di unità termiche annuali.
Il gradiente esposizionale utilizzato per le nostre elaborazioni è invece quello riportato in tabella 2.6.

Tabella 2.3 – Risultato delle regressioni lineari temperatura – quota per il Veneto. Elaborazioni riferite al trentennio 1976-2005

Mese	temperatura massima	R2	temperatura minima	R2
Gennaio	y = -0,0027x + 6,4436	0,6370	y = -0,0039x - 0,8909	0,7739
Febbraio	y = -0,0033x + 8,4607	0,8101	y = -0,0044x + 0,6068	0,8494
Marzo	y = -0,0051x + 13,291	0,9435	y = -0,0056x + 4,7307	0,916
Aprile	y = -0,0060x + 17,085	0,9536	y = -0,0062x + 8,1946	0,9487
Maggio	y = -0,0066x + 22,6	0,9484	y = -0,0065x + 13,294	0,9509
Giugno	y = -0,0067x + 26,301	0,9514	y = -0,0063x + 16,761	0,9473
Luglio	y = -0,0062x + 28,565	0,9364	y = -0,0062x + 18,956	0,9445
Agosto	y = -0,0059x + 28,15	0,9174	y = -0,0059x + 18,592	0,9251
Settembre	y = -0,0055x + 23,758	0,9262	y = -0,0053x + 14,399	0,9265
Ottobre	y = -0,0045x + 18,319	0,9172	y = -0,0047x + 9,8296	0,9046
Novembre	y = -0,0031x + 11,696	0,7770	y = -0,0042x + 3,9576	0,8412
Dicembre	y = -0,0028x + 7,3471	0,6690	y = -0,0039x + 0,1964	0,7843

Tabella 2.4 – Gradienti termici medi mensili ricavati per il Veneto nel presente lavoro (°C)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Tx = media delle massime	-0,27	-0,33	-0,51	-0,60	-0,66	-0,67	-0,62	-0,59	-0,55	-0,45	-0,31	-0,28	-0,49
Tn = media delle minime	-0,39	-0,44	-0,56	-0,62	-0,65	-0,63	-0,62	-0,59	-0,53	-0,47	-0,42	-0,39	-0,53
Td = media delle medie	-0,33	-0,39	-0,54	-0,61	-0,66	-0,65	-0,62	-0,59	-0,54	-0,46	-0,37	-0,34	-0,51

Tabella 2.5 – Gradienti termici medi mensili ricavati nel presente lavoro e messi a confronto con quelli riportati da Lugli (1882), Hann (1908) e Belloni & Pelfini (1987)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Questo lavoro	-0,33	-0,39	-0,54	-0,61	-0,66	-0,65	-0,62	-0,59	-0,54	-0,46	-0,37	-0,34	-0,46
Belloni (1982)	-0,34	-0,41	-0,42	-0,61	-0,64	-0,64	-0,64	-0,63	-0,60	-0,53	-0,43	-0,36	-0,53
Belloni&Pelfini(1987)	-0,36	-0,47	-0,54	-0,61	-0,62	-0,64	-0,63	-0,60	-0,54	-0,45	-0,40	-0,29	-0,51
Hann	-0,40	-0,50	-0,63	-0,70	-0,70	-0,66	-0,61	-0,58	-0,55	-0,49	-0,41	-0,37	-0,55
Lugli	-0,55	-0,52	-0,67	-0,66	-0,69	-0,50	-0,52	-0,48	-0,57	-0,65	-0,60	-0,51	-0,58

Tabella 2.6 – Gradiente esposizionale. Ogni esposizione viene accreditata di un certo guadagno o di una certa perdita termica rispetto alle esposizioni est od ovest, che non sono considerate soggette a perdite o guadagni

	N	NNE-NNO	NE-NO	ENE-ONO	E-O	ESE-OSO	SE-SO	S
Tx = media delle massime	-1,2	-1	-0,8	-0,5	0	0,5	0,8	1,2
Tn = media delle minime	-1	-0,8	-0,6	-0,4	0	0,4	0,6	1
Td = media delle medie	-1,1	-0,9	-0,7	-0,45	0	0,45	0,7	1,1

I risultati dell'analisi spaziale delle temperature per le principali località della Terradeiforti sono riassunti nelle Tabelle 2.7 e 2.8. Le carte di sintesi delle temperature medie delle minime e delle massime sono invece riportate in Figura 2.5. Si osservi la variabilità dei valori termici, frutto della disomogeneità territoriale indotta principalmente dall'orografia.

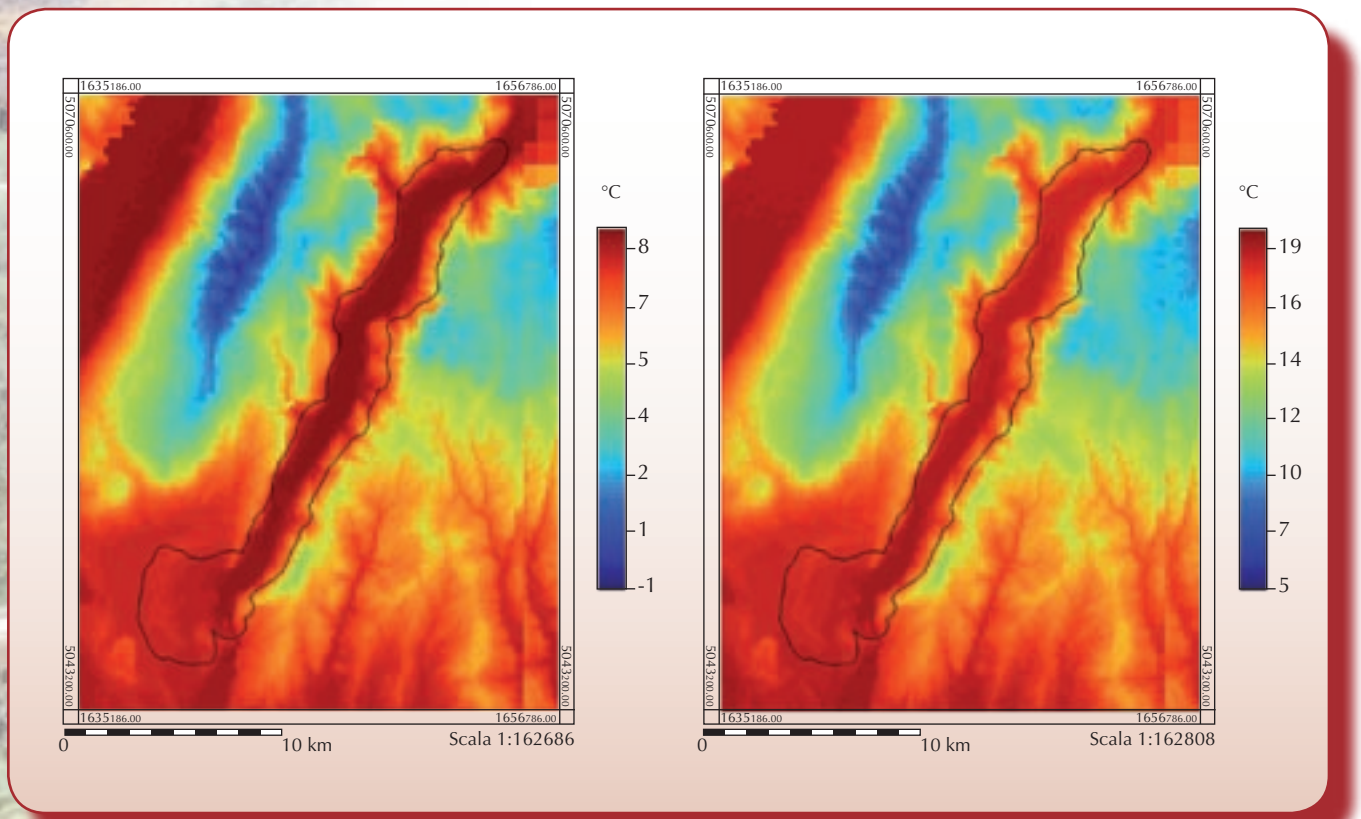
Tabella 2.7 – Temperature medie delle massime per le principali località della Terradeiforti (periodo di riferimento: 1993-2007)

Località	Coordinata x	Coordinata y	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Avio	1745042	5137517	8,1	9,9	13,6	17,0	22,4	26,3	28,5	27,9	22,7	17,7	11,9	7,9	17,8
Brentino Belluno	1650801	5066494	7,8	10,0	14,0	17,6	23,2	27,1	29,4	28,7	23,5	18,2	12,1	7,9	18,3
Dolcè	1647619	5057869	7,8	10,4	14,8	18,4	24,0	28,0	30,3	29,6	24,3	18,8	12,4	7,9	18,9
Rivoli Veronese	1644554	5051550	7,4	9,7	14,1	17,7	23,5	27,5	29,7	29,1	23,8	18,3	12,0	7,7	18,4
Media generale			*7,8*	*10,0*	*14,1*	*17,7*	*23,3*	*27,2*	*29,5*	*28,8*	*23,6*	*18,3*	*12,1*	*7,9*	*18,4*
Minimo assoluto			*7,4*	*9,7*	*13,6*	*17,0*	*22,4*	*26,3*	*28,5*	*27,9*	*22,7*	*17,7*	*11,9*	*7,7*	*17,8*
Massimo assoluto			*8,1*	*10,4*	*14,8*	*18,4*	*24,0*	*28,0*	*30,3*	*29,6*	*24,3*	*18,8*	*12,4*	*7,9*	*18,9*

Tabella 2.8 – Temperature medie delle minime per le principali località della Terradeiforti (periodo di riferimento: 1993-2007)

Località	Coordinata x	Coordinata y	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Avio	1745042	5137517	0,6	1,4	4,5	8,1	12,6	16,0	17,7	17,6	13,3	9,9	4,9	1,2	9,0
Brentino Belluno	1650801	5066494	0,2	0,9	4,2	7,8	12,4	15,8	17,5	17,4	13,1	9,7	4,6	1,1	8,7
Dolcè	1647619	5057869	0,1	0,4	3,9	7,5	12,3	15,6	17,4	17,3	13,0	9,5	4,4	1,1	8,6
Rivoli Veronese	1644554	5051550	-0,2	0,3	3,8	7,3	12,1	15,4	17,2	17,1	12,8	9,3	4,3	0,9	8,3
Media generale			*0,2*	*0,8*	*4,1*	*7,7*	*12,4*	*15,7*	*17,4*	*17,4*	*13,1*	*9,6*	*4,5*	*1,1*	*8,7*
Minimo assoluto			*-0,2*	*0,3*	*3,8*	*7,3*	*12,1*	*15,4*	*17,2*	*17,1*	*12,8*	*9,3*	*4,3*	*0,9*	*8,3*
Massimo assoluto			*0,6*	*1,4*	*4,5*	*8,1*	*12,6*	*16,0*	*17,7*	*17,6*	*13,3*	*9,9*	*4,9*	*1,2*	*9,0*

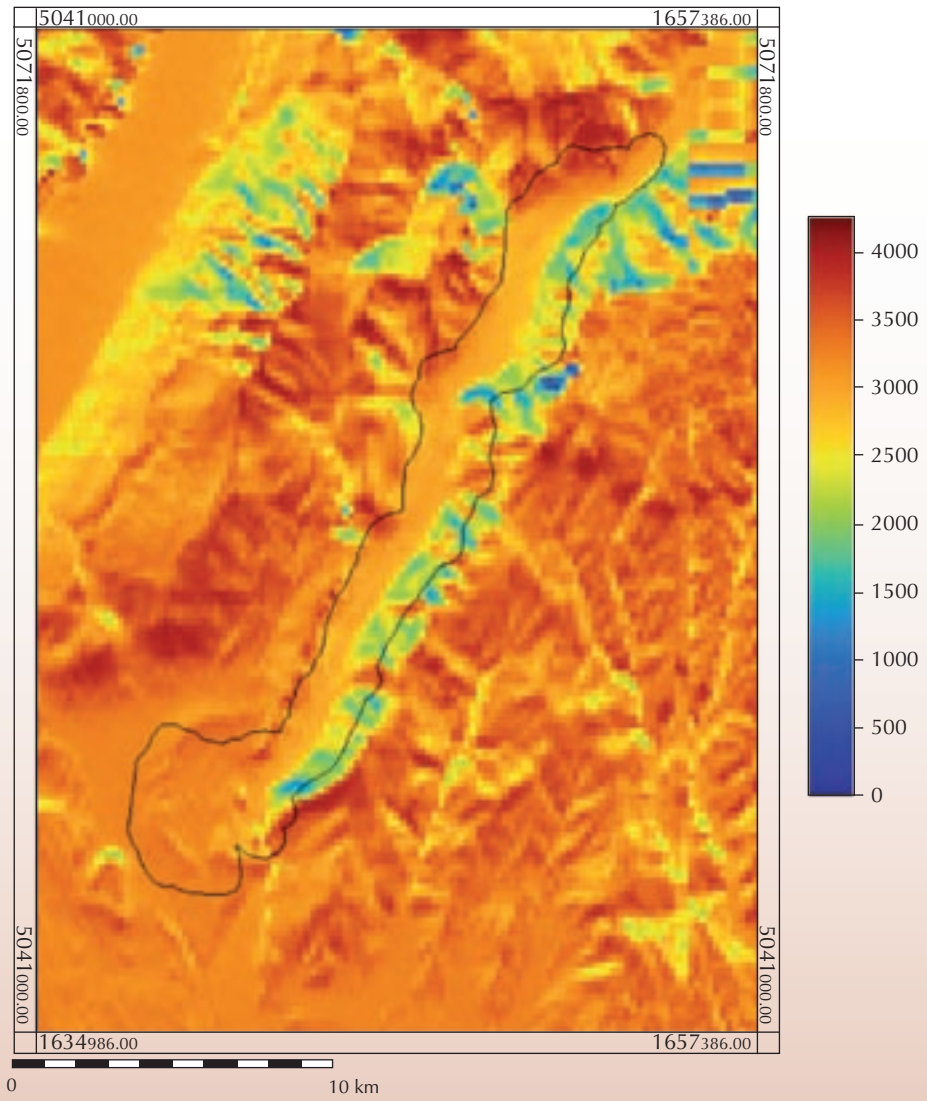
Figura 2.5 – Valori medi annui delle temperature minime e massime. Nel caso delle massime gran parte del fondovalle presenta temperature intorno a 18 °C. Nel caso delle minime gran parte del fondovalle presenta temperature fra 8 e 9 °C



2.4 LA RADIAZIONE SOLARE

La radiazione solare è necessaria per il processo fotosintetico e dunque si rivela essenziale per l'attività vegetativa della vite e per l'accumulo di zuccheri nel grappolo. L'analisi della radiazione utile per la fotosintesi è stata condotta con un apposito modello in grado di ricavare la radiazione fotosinteticamente attiva potenziale (PPAR) e cioè la radiazione che si rende disponibile in assenza di copertura nuvolosa (cielo sereno). Tale valore è utile per valutare la vocazione del territorio in esame nell'ipotesi che la copertura nuvolosa si ripartisca in modo omogeneo sullo stesso.
L'algoritmo utilizzato per la stima della PPAR è quello del software SAGA GIS (Olaya, 2004) e prevede anzitutto il calcolo della posizione del sole (elevazione e azimut) attraverso l'impiego di formule trigonometriche classiche (Fracastoro, 1985); a ciò segue l'ottenimento dal DTM dell'orizzonte reale imposto dal profilo dei rilievi. Si eseguono poi (i) il calcolo delle ore di sole potenziali attraverso il calcolo dell'intersezione fra traiettoria del sole e l'orizzonte reale, (ii) il calcolo della radiazione solare globale giornaliera (diretta e diffusa) su una superficie comunque orientata ed infine (iii) la trasformazione della radiazione solare globale in PPAR utilizzando un coefficiente moltiplicatore paria a 0,5 (Karalis, 1989). Tale procedura è stata applicata al DTM del territorio che è composto di celle elementari di 200 x 200 m.
I dati riferiti all'intero anno consentono una valutazione quantitativa delle potenzialità climatiche in termini di energia solare disponibile per il processo fotosintetico. I valori di PPAR sono riportati nella carta (Figura 2.6) che ne illustra la distribuzione spaziale per il territorio nel suo complesso.

Figura 2.6 – Valori annui di radiazione fotosinteticamente attiva potenziale (PPAR)



2.5 LE PRECIPITAZIONI

Il regime delle precipitazioni mensili dell'area (Figura 2.7) mostra un massimo principale autunnale e uno secondario primaverile, oltre a un minimo principale invernale e uno secondario estivo. Il mese mediamente meno piovoso è febbraio e il più piovoso novembre. Dal punto di vista climatico il minimo precipitativo invernale è interpretabile come un segnale centro-europeo legato all'attenuarsi della circolazione atlantica tipico dell'inverno, mentre il minimo precipitativo estivo è un segnale di mediterraneità.
Dal punto di vista circolatorio si osserva che i periodi di piovosità abbondante e prolungata tipici della fase autunnale e primaverile sono da attribuire al flusso perturbato meridionale associato alle depressioni che in tale periodo influenzano l'area e alle quali la zona risulta particolarmente esposta.
Il periodo da luglio a settembre presenta una piovosità relativamente elevata e riconducibile soprattutto a fenomeni temporaleschi che danno apporti idrici alquanto irregolari nello spazio e nel tempo e che sono per di più soggetti a significativi fenomeni di ruscellamento, il che rende l'acqua precipitata solo parzialmente fruibile da parte della vite. All'innesco dell'attività temporalesca concorrono la sottostante pianura e il Lago di Garda che sono importanti sorgenti di umidità per i bassi strati.
La Figura 2.8 mostra la distribuzione delle precipitazioni medie annue nel territorio in esame per il periodo 1951-2007. Tale carta è stata ottenuta spazializzando i valori totali di precipitazione media annua delle stazioni dell'area con un algoritmo di Kriging ordinario previa omogeneizzazione per la quota, ottenuta con un metodo analogo a quello già discusso per le temperature. La carta evidenzia che l'area della Terradeiforti presenta un caratteristico gradiente latitudinale con un incremento graduale delle precipitazioni da sud verso nord. Più in particolare, da un minimo di 1.000 dell'estremo margine meridionale del territorio si giunge ad un massimo di poco oltre 1.500 mm al limite settentrionale. Il gradiente sud-nord è anzitutto frutto dell'effetto di risalita orografica che ha luogo in presenza di situazioni circolatorie di tipo sciroccale (precipitazioni da fronte caldo in cui l'orografia accentua la naturale tendenza delle masse d'aria mediterranea a salire scorrendo su masse d'aria più fredde pre-esistenti). Al fenomeno della salita della massa d'aria possono cooperare gli effetti di incanalamento dovuti ai molti solchi vallivi che caratterizzano l'area e che tendono a restringersi procedendo verso nord.
Un'ulteriore concausa del gradiente sud-nord è l'intensificazione dell'attività temporalesca estiva che è stimolata dall'orografia.
Le precipitazioni medie mensili (mm) e il numero medio di giorni piovosi mensili per le principali località della Terradeiforti sono riportati nelle Tabelle 2.9 e 2.10.

Figura 2.7 – Regime pluviometrico medio mensile per la stazione di Dolcè (1993-2007). Per ogni mese vengono presentati il valore medio (verde), il minimo assoluto (rosso) e il massimo assoluto (azzurro)

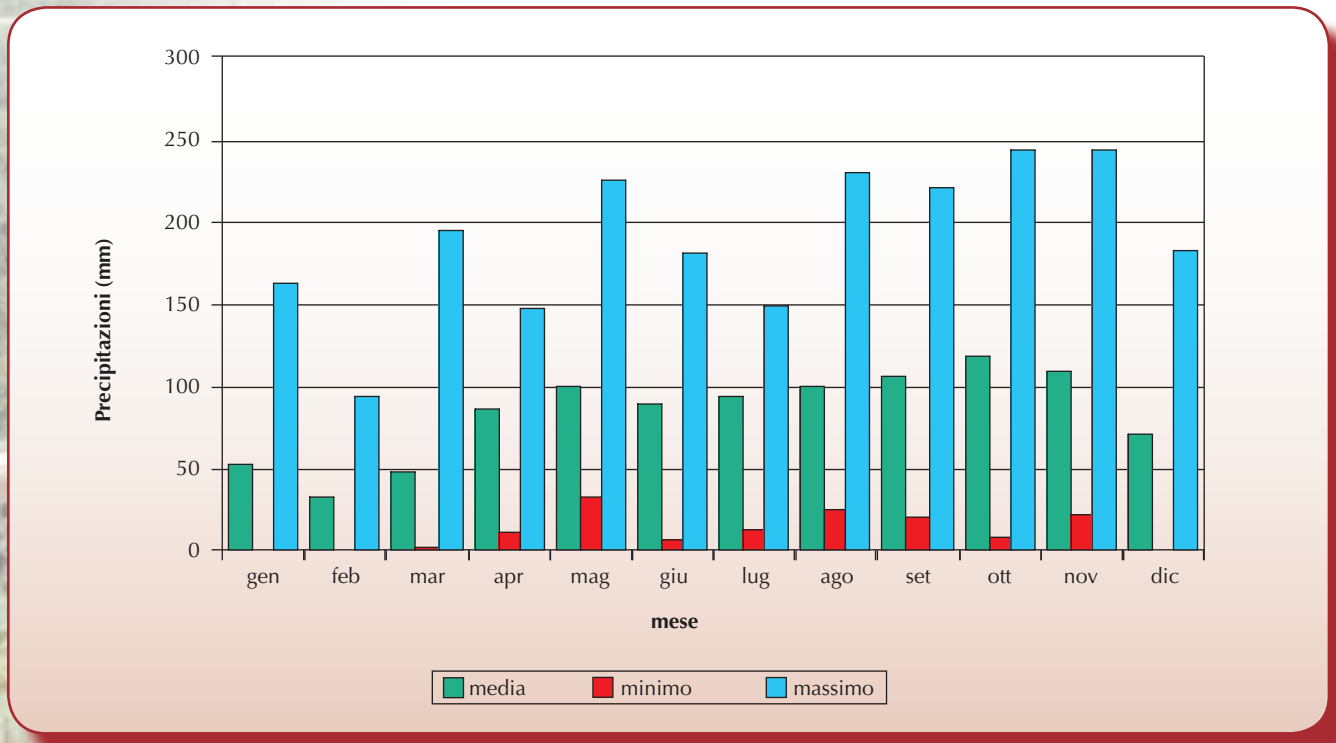


Figura 2.8 – Precipitazione media annua del periodo 1951-2007 per l'area della Terradeiforti (mm). La piovosità si accresce man mano che si risale la Valle dell'Adige. In grigio i limiti dell'area DOC

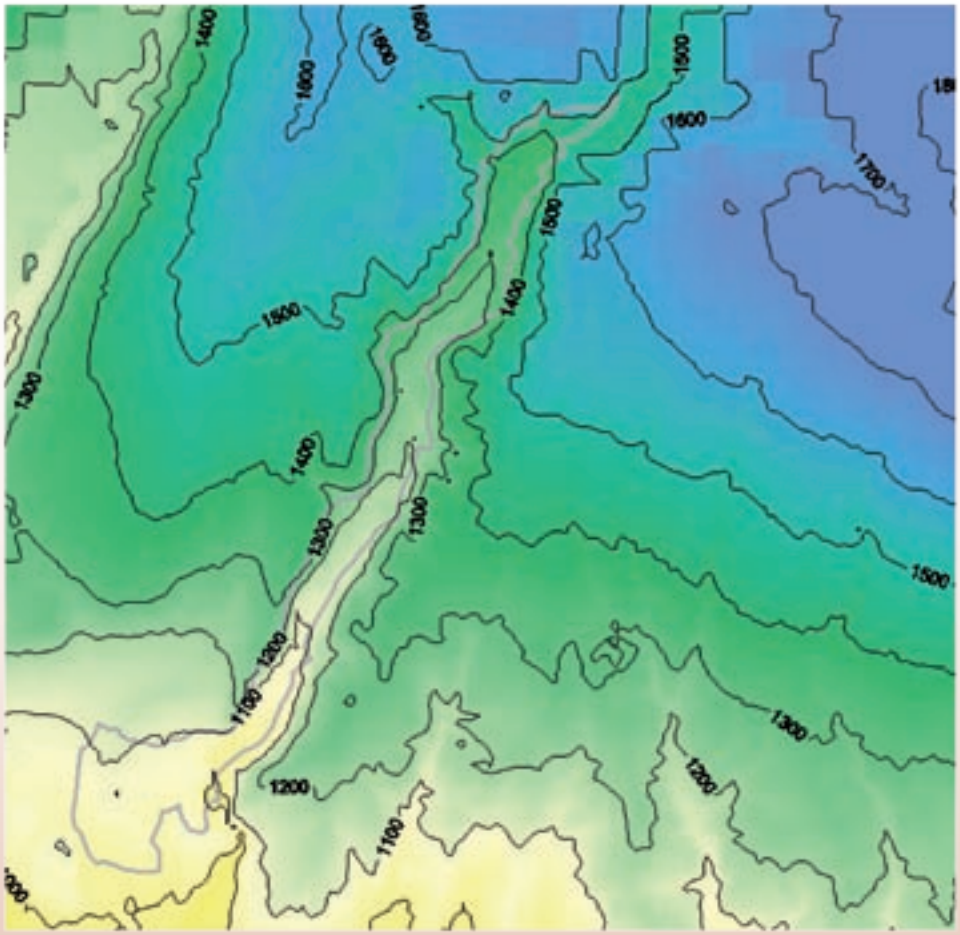


Tabella 2.9 – Precipitazioni medie mensili (in millimetri) per le principali località della Terradeiforti. Inv% indica la percentuale della precipitazione annua che cade nel semestre invernale - da 1 ottobre a 31 marzo (periodo di riferimento: 1993-2007)

Località	Coordinata x	Coordinata y	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno	Inv%
Avio	1745042	5137517	71	50	76	130	144	105	100	126	148	169	191	94	1403	46
Brentino Belluno	1650801	5066494	60	40	60	104	117	89	92	110	122	133	143	78	1148	45
Dolcè	1647619	5057869	55	32	49	84	102	83	96	101	108	112	112	68	1004	43
Rivoli Veronese	1644554	5051550	51	33	49	86	99	80	86	99	105	112	113	67	980	43
Media generale			*59*	*39*	*59*	*101*	*115*	*89*	*94*	*109*	*121*	*132*	*140*	*77*	*1134*	*45*
Minimo assoluto			*51*	*32*	*49*	*84*	*99*	*80*	*86*	*99*	*105*	*112*	*112*	*67*	*977*	*43*
Massimo assoluto			*71*	*50*	*76*	*130*	*144*	*105*	*100*	*126*	*148*	*169*	*191*	*94*	*1403*	*46*

Tabella 2.10 – Numero medio di giorni piovosi. Inv% indica la percentuale dei giorni di pioggia annua che si verificano nel semestre invernale - da 1 ottobre a 31 marzo (periodo di riferimento: 1993-2007)

Località	Coordinata x	Coordinata y	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno	Inv%
Avio	1745042	5137517	6	5	6	12	13	12	10	11	10	9	9	8	113	38
Brentino Belluno	1650801	5066494	6	5	6	11	13	11	9	11	9	9	9	8	106	40
Dolcè	1647619	5057869	5	4	5	9	10	8	7	8	8	9	8	7	87	43
Rivoli Veronese	1644554	5051550	6	4	5	11	11	9	8	9	8	9	9	7	95	42
Media generale			*6*	*5*	*6*	*11*	*12*	*10*	*9*	*10*	*9*	*9*	*9*	*7*	*100*	*41*
Minimo assoluto			*5*	*4*	*5*	*9*	*10*	*8*	*7*	*8*	*8*	*9*	*8*	*7*	*87*	*43*
Massimo assoluto			*6*	*5*	*6*	*12*	*13*	*12*	*10*	*11*	*10*	*9*	*9*	*8*	*113*	*38*

2.6 GLI INDICI BIOCLIMATICI

La Tabella 2.11 sintetizza i valori degli indici bioclimatici calcolati per le principali località dell'area DOC Terradeiforti.

Tabella 2.11 – Indici bioclimatici calcolati per le principali località della Terradeiforti (periodo di riferimento per gli indici termici ed evapotraspirativi: 1993-2007)

Località	Altezza	Coordinata x	Coordinata y	gddW	HI	ET0	ETM	d10ini	d10fin	dd>10	PPAR	hh_sun
Avio	131	1650801	5066494	1825	2222	853	473	84	310	227	3190	3247
Brentino Belluno	137	1647619	5057869	1887	2327	915	510	83	310	227	2965	3193
Dolcè	115	1644554	5051550	1962	2441	978	545	81	311	230	2828	3129
Rivoli Veronese	191	1641450	5048344	1875	2349	945	528	84	309	225	2843	3443
Media generale	*141*	*1644497*	*5046933*	*1901*	*2382*	*923*	*514*	*83*	*310*	*226*	*2956*	*3253*
Minimo assoluto	*115*	*1641450*	*5029970*	*1875*	*2327*	*853*	*473*	*81*	*308*	*223*	*2828*	*3129*
Massimo assoluto	*191*	*1647619*	*5057869*	*1962*	*2441*	*978*	*545*	*85*	*311*	*230*	*3190*	*3443*

Legenda: coordinata x e coordinata y = coordinate Gauss Boaga, gddW = indice di Winkler (°C); HI = indice di Huglin; ET0= evapotraspirazione da coltura di riferimento (mm); ETM = evapotraspirazione massima annua (mm); dd>10 = numero medio di giorni con temperatura media superiore a 10 °C; d10ini = giorno di superamento in salita della soglia di 10 °C; d10fin = giorno di superamento in discesa della soglia di 10 °C; PPAR = Radiazione fotosinteticamente attiva potenziale, e cioè in assenza di nubi; hh_sun = ore di sole potenziali, e cioè in assenza di nubi.

Indici a base termica

Per l'analisi delle risorse termiche si sono adottati sia l'indice di Winkler (somma termica a base 10 °C riferita al periodo che intercorre fra 1 aprile e 31 ottobre) sia l'indice eliotermico di Huglin HI, ottenuto con l'equazione

$$HI = \Sigma \{k/2 * [(Td-10)+(Tx-10)]\}$$

ove la sommatoria è riferita al periodo dal 1 aprile al 30 settembre, Td e Tx sono rispettivamente la temperatura media e massima giornaliera mentre k è un coefficiente moltiplicatore legato alla lunghezza del giorno e che per l'area in esame vale 1,04.

Tabella 2.12 – Valori medi degli indici di Huglin e di Winkler ricavati per alcune importanti zone viticole italiane ed europee (Huglin, 1986; Egger *et al.*, 1997; Dettori & Filigheddu, 1997; Mariani, dati non pubblicati)

Stazione	Stato	Latitudine	Indice di Winkler	Indice di Huglin
Reims	Fr	49 N	958	1550
Angers	Fr	48 N	1069	1650
Tours	Fr	47 N	1126	1690
Dijon	Fr	47 N	1133	1710
Cognac	Fr	46 N	1282	1780
Toulouse	Fr	44 N	1377	1950
Bordeaux	Fr	45 N	1480	2100
Montpellier	Fr	43 N	1798	2250
Verona (Vr)	It	45 N	1697	2250
Piemonte – DOCG Barolo	It	45 N	1750	2180
Bari (Ba)	It	41 N	2021	2407
Castagneto Carducci (Li)	It	44 N	1747	2444
Chianti Classico senese	It	43 N	1639	2155
Montalcino (Si)	It	43 N	2257	2442
Barcelona	E	41 N	1975	2350
Cadiz	E	36 N	2119	2428
Cordoba	E	38 N	2466	3120
Athenes	Gr	38 N	2329	2950
Kecskemet	H	47 N	1412	2060
Odessa	Ucr.	46 N	1401	1850

Tabella 2.13 – Valori medi degli indici di Huglin e di Winkler ricavati per alcune importanti zone viticole extraeuropee (Huglin, 1986)

Stazione	Stato	Latitudine	Indice di Winkler	Indice di Huglin
Napa	Usa	38 N	1409	2126
Fresno	Usa	37 N	2323	3166
Santiago	Rch	32 S	1516	2286
Stellenbosch	Za	33 S	1779	2346
Mendoza	Ra	32 S	2019	2600
Mildura	Aus	34 S	2037	2750

Tanto per l'indice di Winkler che per quello di Huglin sono state redatte carte (Figure 2.9 e 2.10) che ne illustrano la distribuzione spaziale per il territorio nel suo complesso.

Figura 2.9 – Indice di Winkler per la Terradeiforti

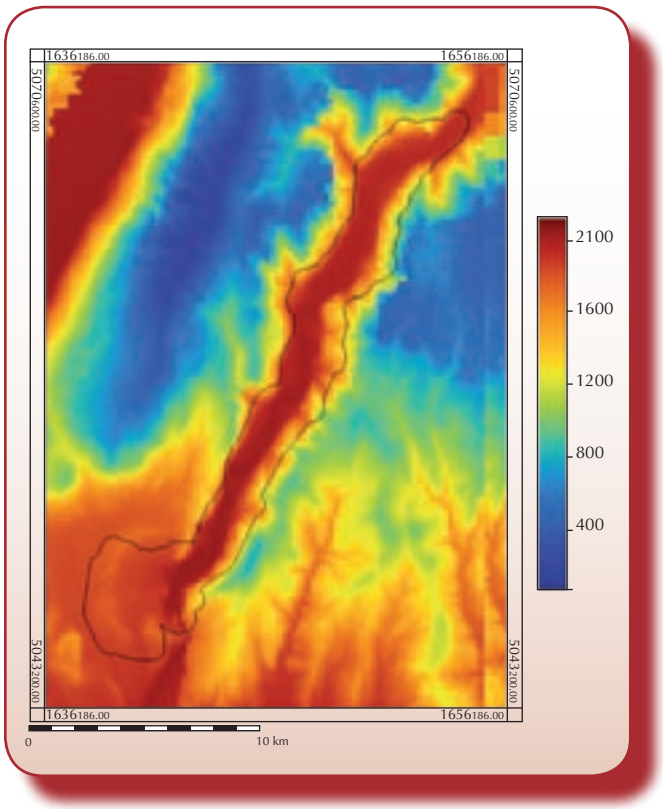
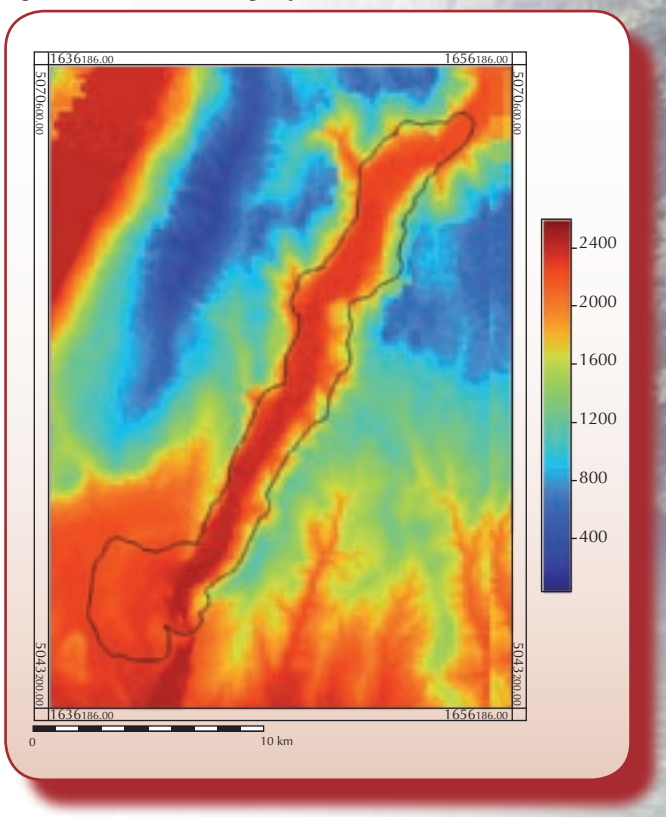


Figura 2.10 – Indice di Huglin per la Terradeiforti



Le risorse idriche

L'analisi delle risorse idriche è stata condotta applicando un bilancio idrico territoriale a passo mensile (Mariani, 2002) che si fonda sull'equazione di conservazione della massa applicata a un serbatoio con Riserva facilmente utilizzabile massima (RFUmax) per lo strato esplorato dalle radici assunta pari a 75 mm, che corrispondono a una Riserva totale massima di 100 mm. Rispetto al serbatoio vengono computate le entrate (precipitazione utile, al netto da evaporazione superficiale e ruscellamento) e le uscite (evapotraspirazione e infiltrazione).

I dati riassuntivi riportati in Tabella 2.14 sono riferiti ai soli centri comunali e mostrano come nell'anno medio non si manifesti uno svuotamento della riserva facilmente utilizzabile.

Tabella 2.14 – Bilancio idrico. Valori medi per il periodo 1993-2007

Località	Rryy	ET0	ETM	Def_t	Inf_t	g_ini	g_fine	ndd
Avio	1403	853	473	0	745	-	-	0
Brentino Belluno	1148	915	510	0	491	-	-	0
Dolcè	1004	978	545	0	333	-	-	0
Rivoli Veronese	980	945	528	0	330	-	-	0
Media generale	*1134*	*923*	*514*	*0*	*475*	-	-	*0*
Minimo assoluto	*980*	*853*	*473*	*0*	*330*	-	-	*0*
Massimo assoluto	*1403*	*978*	*545*	*0*	*745*	-	-	*0*

Legenda: RRyy = precipitazione media annua (mm); ET0 = evapotrespirazone da coltura di riferimento (mm); ETM = evapotrespirazone massima della vite (mm); Def_t = deficit totale (mm); Inf_t = infiltrazione totale (mm); g_ini = giorno di svuotamento; g_fine = giorno di inizio riempimento; ndd = numero giorni con riserva vuota.

2.7 LE LIMITAZIONI CLIMATICHE

Temperature invernali e primaverili inferiori ai valori critici

Nel periodo di pieno riposo vegetativo la vite subisce danni solo per temperature inferiori grossomodo a -15/-18 °C (temperature critiche minime per vite in riposo).
Se la più elevata probabilità di gelate ricorre in gennaio, mese più freddo dell'anno, occorre segnalare l'elevato rischio climatico di gelate tardive tipico del mese di febbraio, ancora esposto alle irruzioni di aria fredda dai Balcani. A tale proposito si ricorda che in febbraio si sono registrate due delle tre "gelate storiche" del XX secolo (febbraio 1929, febbraio 1956), mentre la terza (1985) si è avuta a gennaio.
Da segnalare anche che i mesi di febbraio e marzo possono presentare periodi caldi precoci che stimolano il risveglio vegetativo delle colture in presenza di un rischio sensibile di gelate tardive.

Temperature estive superiori al cardinale massimo

Le ondate di caldo sull'area veneta presentano precise ragioni circolatorie. In particolare le **ondate di caldo di lunga durata** sono associate a promontori anticiclonici meridionali che spingono masse d'aria torrida dall'area africana verso il centro del Mediterraneo. La durata media di tali ondate di caldo varia da un minimo di 9 a un massimo di 21 giorni, secondo uno studio condotto da Michele Conte (1994) che identificò 28 episodi nel periodo dal 1950 al 1992. Lo stesso Conte evidenziò anche la presenza di **ondate di caldo di breve durata** dovute all'anomala comparsa della corrente a getto subtropicale sull'area europea. Tale fenomeno conduce a ondate di caldo poco persistenti ma particolarmente intense. Sempre nel periodo 1952-92 sono stati individuati 32 casi di queste ondate di calore, con durata media di 3-5 giorni.

Situazioni di carenza idrica

La buona piovosità estiva, ovunque superiore al 50% di quella totale annua, fa sì che l'area in esame, in presenza di una Riserva Facilmente Utilizzabile massima di 75 mm e in condizioni di vigneto lavorato o soggetto a inerbimento controllato, non manifesti svuotamento della riserva facilmente utilizzabile. Ciò indica che le situazioni di stress idrico per la vite sono da considerare un fatto inusuale per l'area della Terradeiforti e proprie solo dei terreni più grossolani e più ricchi di scheletro.

Precipitazioni durante la raccolta e nel periodo immediatamente precedente

Alcune considerazioni in merito al rischio climatico di periodi di piovosità persistente in vicinanza della raccolta possono essere dedotte dall'analisi dei dati in tabella 2.15, che riportano il 10°, 50° e 90° percentile dei giorni piovosi mensili (precipitazione > 1 mm) per la stazione di Dolcè. Si osservi per esempio che il mese di ottobre presenta un 90° percentile di 14 giorni, il che equivale a dire che nel 10% degli anni (quelli più piovosi) i giorni di pioggia mensili sono più di 14. Più contenuto invece il rischio climatico di settembre, che presenta un 90° percentile di 11 giorni. In complesso comunque i percentili mostrano livelli di rischio non elevatissimi, fatto che consente in genere una gestione sufficientemente agevole delle operazioni di raccolta.

Tabella 2.15 – Decimo, cinquantesimo e novantesimo percentile delle precipitazioni per Dolcè, ottenuti utilizzando i dati del periodo 1992-2007 (esempio di interpretazione: un 90° percentile di 14 giorni di pioggia a ottobre indica che nel 90% degli anni si osserva un numero di giorni di pioggia minore di 14; un 10° percentile di 54 mm di precipitazione ad aprile indica che nel 10% degli anni si osserva un numero di giorni di pioggia inferiore a 54)

	Precipitazioni (mm)			Giorni di pioggia		
	P10	P50	P90	P10	P50	P90
Gennaio	5	45	103	1	4	10
Febbraio	4	20	85	1	4	8
Marzo	6	36	91	2	4	8
Aprile	54	80	126	4	10	13
Maggio	51	81	166	8	10	13
Giugno	29	77	173	5	8	12
Luglio	54	95	138	5	7	9
Agosto	44	99	157	5	7	12
Settembre	35	102	173	5	8	11
Ottobre	30	130	196	5	9	14
Novembre	35	84	181	4	7	16
Dicembre	7	68	129	3	7	10

2.8 CONCLUSIONI

L'analisi condotta ha permesso di descrivere in termini quantitativi il clima dell'area viticola della Terradeiforti.
I risultati consentono di affermare che i caratteri agroclimatici ne fanno un territorio vocato a una viticoltura di qualità. Tale conclusione è suffragata sia dall'analisi delle risorse climatiche sia da quella degli elementi climatici limitanti. Da tali analisi emergono infatti buoni o ottimi livelli delle risorse radiative, termiche e pluviometriche, che si collocano su valori simili a quelli riscontrati nelle migliori aree viticole italiane e mondiali, mentre le limitazioni non sono in alcun modo in grado di pregiudicare l'attività viticola.
I livelli di rischio climatico e la variabilità interannuale delle risorse climatiche consigliano comunque di mantenere nel tempo le attività di rilevamento agrometeorologico e fenologico in stretto collegamento con il servizio meteorologico regionale e con gli altri servizi territorialmente competenti.