

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE AGRO-ALIMENTARI
CAMPUS DI CESENA

Corso di laurea in Viticoltura ed Enologia

**PROGETTO DI IMPIANTO DI UN VIGNETO
IN AREA COLLINARE:
CARATTERIZZAZIONE PEDOCLIMATICA, SCELTA VARIETALE
E CONSIDERAZIONI SULLE TECNICHE COLTURALI
IN RELAZIONE AGLI OBIETTIVI ENOLOGICI**

Tesi in Viteicoltura

Relatore:

Chiar.ma Prof.ssa Ilaria Filippetti

Correlatore:

Dott.ssa Daniela Sangiorgio

Candidato:

Vittorio Mignani

Matricola N° 0000991229

Anno Accademico 2022/2023

Sessione Unica

SOMMARIO

SOMMARIO.....	2
RIASSUNTO	3
INTRODUZIONE	4
SCOPO DELLA TESI.....	11
MATERIALI E METODI	12
ANALISI GEOMORFOLOGICA.....	13
ANALISI DEL CLIMA	15
ANALISI DEL SUOLO	20
RISULTATI E DISCUSSIONE	23
ANALISI GEOMORFOLOGICA.....	23
ANALISI DEL CLIMA	25
ANALISI DEL SUOLO	39
ANALISI STORICA	41
PROGETTO D'IMPIANTO	44
CONCLUSIONI.....	52
BIBLIOGRAFIA.....	53

RIASSUNTO

L'impianto di un vigneto prevede un'analisi preliminare delle condizioni geomorfologiche, climatiche e del suolo. Inoltre, poiché un vigneto è un progetto a lungo termine, non si può prescindere dal considerare l'impatto che i cambiamenti climatici potranno avere nei prossimi decenni.

Per questo studio si è valutata la possibilità di impiantare Pinot nero (vitigno a maturazione precoce coltivato con successo in zone viticole con basse somatorie termiche) per la produzione di spumante metodo classico, in un terreno situato a Monte San Pietro (BO), in frazione San Chierlo.

Le analisi dei dati meteorologici e gli indici bioclimatici elaborati, mostrano che l'area considerata per l'impianto del vigneto presenta dati al di sopra delle somatorie termiche suggerite per la coltivazione del Pinot nero; il rischio è pertanto di raggiungere la maturazione dell'uva troppo precocemente. Le stime sull'aumento delle temperature nei prossimi anni peggiorano ulteriormente questo quadro.

Fattori positivi sono invece altezza (450 m slm), esposizione (N-E) e pendenza (25%), che consentono di ridurre l'incidenza della radiazione luminosa e contenere eventuali eccessi termici.

Nell'attuale contesto climatico per perseguire questo progetto volto ad ottenere vini di qualità, caratterizzati da bassa gradazione alcolica ed elevata acidità, è necessario inoltre fare opportune scelte in fase d'impianto e di gestione del vigneto che possano ritardare la maturazione dell'uva.

INTRODUZIONE

Alla base di un progetto vitivinicolo di qualità, è imprescindibile una scrupolosa analisi preliminare dei fattori naturali, tesa a individuare le peculiarità che caratterizzano quell'area e ne conferiscono unicità. Il clima e il suolo condizionano la fisiologia della vite, instaurando strette relazioni con il complesso nastro-portainnesto, regolate dall'intervento umano attraverso le scelte di tecnica colturale fatte in fase di impianto e successivamente nella gestione ordinaria del vigneto. Si tratta quindi di un sistema di interazioni complesse, dove ogni fattore influenza e viene influenzato dagli altri (1):

“Il “terroir” vitivinicolo è un concetto che si riferisce a uno spazio nel quale si sviluppa una cultura collettiva delle interazioni tra un ambiente fisico e biologico identificabile, e le pratiche vitivinicole che vi sono applicate, che conferiscono caratteristiche distintive ai prodotti originari di questo spazio. Il “terroir” include caratteristiche specifiche del suolo, della topografia, del clima, del paesaggio e della biodiversità.” (2)

L'individuazione delle condizioni climatiche che si susseguono in un luogo, così come le caratteristiche del suolo, non suggeriscono soltanto le scelte più adatte per ottimizzare quantitativamente e qualitativamente la produzione del futuro vigneto, ma anche i limiti imposti al vigneto stesso durante tutta la sua esistenza: si pensi, per esempio, alle temperature minime invernali, alla distribuzione delle precipitazioni durante l'anno, alla percentuale di calcare attivo nel suolo, per citare solo alcuni dei parametri decisivi da considerare per valutare le possibilità di sopravvivenza e di produzione della vite.

Il clima si riferisce all'insieme delle condizioni meteorologiche di un particolare sito, riassunte nei loro valori medi ed estremi e considerate per un lungo lasso di tempo, mediamente tra 20 e 30 anni, in modo da non analizzare periodi

troppo ampi o troppo brevi. Nel primo caso, infatti, si rischierebbe di non evidenziare i cambiamenti climatici che possono sopravvenire in una zona, mentre nel secondo caso si potrebbero ottenere dati non significativi e troppo distanti dalla media delle condizioni meteorologiche (3).

Le prime informazioni da ricercare riguardano il macroclima, ovvero l'insieme dei fenomeni climatici caratteristici di una regione molto ampia (fino a diverse centinaia di chilometri). Il mesoclima è legato ad un territorio più ristretto e fornisce informazioni influenzate da elementi quali la presenza di corsi d'acqua, boschi o alture eventualmente presenti nelle immediate vicinanze. Restringendo ancora il campo, il microclima si riferisce alla porzione di terreno scelta per l'impianto del vigneto, con caratteristiche proprie legate all'esposizione, alla distribuzione dei filari e a peculiari elementi topografici e ambientali, determinanti per lo sviluppo della vegetazione (4).

Gli ultimi decenni stanno evidenziando le problematiche che i cambiamenti climatici generano a livello globale: aumento delle temperature, calo delle precipitazioni, allungamento dei periodi di siccità, sono alcune delle conseguenze dell'aumento delle concentrazioni totali di gas serra.

Numerose aree vinicole mondiali hanno mostrato, nell'intervallo 1950-2000, un aumento medio delle temperature di 1,3°C e diverse stime indicano un ulteriore aumento compreso tra i 2 e i 4,5°C entro il 2100 (5).

Le temperature in aumento sono una realtà anche in Europa: a Bordeaux le temperature medie annuali sono cresciute di 2,1°C negli ultimi 50 anni, così come in Veneto, dove le temperature nella stagione vegetativa sono aumentate di 2,3°C (6).

Tutto ciò influenza il ciclo delle piante, che in *Vitis vinifera* ne altera la fenologia: fasi accorciate e anticipate rispetto al passato, che restituiscono uve con maggiori livelli zuccherini e minor acidità, livelli minori di antociani (quindi meno colore), pH elevati e aromi atipici. Si osserva inoltre un frequente disaccoppiamento tra maturità tecnologica (anticipata) e maturità fenolica (ritardata) (6) (7).

Oltre al già citato incremento delle temperature, anche l'aumentare della concentrazione di CO₂ atmosferica sta causando alterazioni. L'anidride carbonica ha ormai superato la soglia di 420 ppm (fino a 10 anni fa era inferiore a 400 ppm e 60 anni fa oscillava attorno a 320 ppm) (8) e questo comporta maggior efficienza fotosintetica da parte della vite, maggior accumulo di zuccheri e quindi precoce raggiungimento della maturità tecnologica (9).

La tendenza è simile in tutte le zone vitivinicole del pianeta: i Riesling alsaziani hanno mostrato, negli ultimi 30 anni, un incremento medio superiore al 2% d'alcol (in volume); stesse percentuali di incremento alcolico sono state osservate nella Napa Valley. In Australia, tra il 1984 e il 2004, si è passati da 12,3% a 13,9% di alcool nei rossi e da 12,2% a 13,2% nei bianchi (9). Il Sassicaia, tra i più famosi vini italiani, dal 1995 al 2005 ha incrementato il grado alcolico medio dal 12,5% al 14% (5). L'aumentata concentrazione zuccherina delle uve e quindi la maggiore gradazione alcolica dei vini prodotti, va in controtendenza con un segmento sempre più ampio di consumatori che richiedono vini di qualità con gradazioni ridotte, anche inferiori a 10% vol., per motivi salutistici, dietetici, religiosi o che per necessità varie desiderano ridurre il consumo di alcol (10).

L'acidità dell'uva alla vendemmia è uno dei parametri chiave per l'ottenimento di mosti adatti a vinificazioni di qualità, in modo particolare quando si desidera ottenere vini da spumantizzare. L'acidità dell'uva è data dal rapporto tra gli acidi organici liberi (acidi malico e acido tartarico) e gli acidi organici neutralizzati dal K⁺. Nei climi più caldi si osserva un crescente accumulo di ioni K⁺ che comportano un'eccessiva neutralizzazione degli acidi organici. Inoltre, in caso di temperature troppo alte si assiste ad un ulteriore depauperamento dell'acidità totale, causato dal consumo di acido malico come substrato respiratorio. Oltre alla citata perdita di acidità nelle uve, l'eccesso di potassio porta alla formazione di bitartrato di potassio insolubile durante la vinificazione, dando origine a vini instabili con scarse proprietà organolettiche (11).

L'accorciamento delle fasi fenologiche della vite e il tentativo dei viticoltori di contenere l'eccessiva maturazione delle uve, ha portato ad anticipare la data di vendemmia pressoché in tutte le zone di produzione, come documentato da vari studi compiuti negli ultimi decenni: nello Chateauneuf du Pape l'epoca di vendemmia è stata anticipata di oltre un mese dal 1945 al 2005; in Abruzzo, il Montepulciano si vendemmia circa 15 giorni prima rispetto ad una cinquantina di anni fa e anche nella regione tedesca Rheingau il cambio climatico è testimoniato da epoca di germogliamento, anticipata di 10-17 giorni negli ultimi 30 anni, e di invaiatura, anticipata di 14-21 giorni nello stesso periodo (7) (12).

Anche le precipitazioni e la loro distribuzione temporale sono un elemento atmosferico essenziale per la vite, soprattutto per i vigneti non irrigati, perché sono il primo parametro che influenza la disponibilità idrica per la pianta. Sufficiente umidità nel suolo, dal germogliamento al periodo pre-invaiatura, garantisce una crescita ottimale dei germogli e un corretto sviluppo vegetativo della pianta, mentre una parziale carenza idrica nelle ultime fasi della maturazione (tra l'invaiatura e la vendemmia) incrementa zuccheri, antociani e polifenoli presenti negli acini (13).

Nel corso del XX secolo le precipitazioni in Europa hanno avuto tendenze diverse a seconda della latitudine: nelle regioni settentrionali c'è stato un incremento variabile tra il 10 e il 40%, mentre nelle regioni meridionali la diminuzione delle precipitazioni è arrivata fino al 20% in alcune zone (14). In Italia, le precipitazioni hanno visto un decremento medio pari al 5% nel corso del '900, dovuto soprattutto al calo delle precipitazioni primaverili (-9% per lo stesso periodo) (15).

La disponibilità idrica nel suolo non dipende solo dalle precipitazioni; infatti, parte delle piogge possono scorrere sulla superficie del terreno senza infiltrarsi negli strati occupati dalle radici (soprattutto in terreni in pendenza che soffrono di compattamento), oppure può evaporare tornando direttamente in atmosfera attraverso il processo evapotraspirativo (13). Temperature più elevate comportano una maggior evapotraspirazione del suolo, influenzando lo stato idrico

della vite: un clima più caldo porta quindi ad un clima più secco, anche a parità di precipitazioni. Alcune stime indicano che l'aumento della concentrazione di CO₂, a parità di precipitazioni, causa maggior perdita di umidità dal suolo: in particolare l'aumento delle temperature causate da un raddoppio delle concentrazioni di CO₂ atmosferica comporterebbe una riduzione dell'umidità del suolo variabile tra il 20 e il 70% in Europa (16). La vite può andare incontro più facilmente a stress idrico, interrompendo processi vitali come fotosintesi e traspirazione fogliare (6).

Un altro problema è rappresentato dalle scottature solari (*sunburn*) a danno delle bacche, che si manifesta con frequenza sempre maggiore e può arrecare danni ingenti alla produzione e alla qualità del raccolto. Le scottature provocano danneggiamento a carico dei tessuti epicuticolari, con conseguente alterazione della struttura cristallina delle cere in masse amorfe e quindi maggior permeabilità dell'acqua e disidratazione della bacca; inoltre, le uve sono caratterizzate da aumento dei gradi Brix. A livello epidermico, si osserva una perdita di clorofilla e una perdita di compartimentazione cellulare, che espone i polifenoli all'azione delle polifenolossidasi e produce la tipica colorazione marrone. Ulteriori danni si possono verificare negli strati subepidermici.

Le scottature possono manifestarsi in tutte le aree di produzione mondiale, a causa delle alterazioni climatiche in atto. I fattori di rischio sono la maggior esposizione alle radiazioni luminose, le temperature più alte e la carenza idrica. In Australia il fenomeno colpisce il 5-15% della produzione totale di uva da vino, in Cile si possono osservare danni da scottatura solare nel 40% di varietà sensibili (come il Moscato). Seppur con minor intensità, danni causati da scottature si osservano anche in Europa, con frequenza sempre maggiore: in Germania sono state registrate cinque annate particolarmente dannose in tutto il XX secolo e già tre annate critiche negli ultimi 20 anni (2007, 2012 e 2019) (17). Le prospettive future indicano un ulteriore aumento delle temperature globali, proporzionali all'aumentare delle emissioni di gas serra e di concentrazione di CO₂ nell'atmosfera, si basano infatti sugli scenari RCP (Representative

Concentration Pathways), sviluppati dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) per delineare gli effetti del cambiamento climatico. Gli scenari RCP sono etichettati con numeri che indicano il forzante radiativo (cioè la capacità di trattenere il calore nell'atmosfera) in Watt per metro quadrato (W/m^2) entro il 2100; da RCP2.6 (basso, con ridotte emissioni future di gas) a RCP8.5 (alto, con emissioni future elevate, senza politiche significative di mitigazione) (FIGURA 1). In pratica ciascun RCP indica diverse quantità di calore addizionale immagazzinato dalla Terra come risultato delle emissioni di gas serra (18).

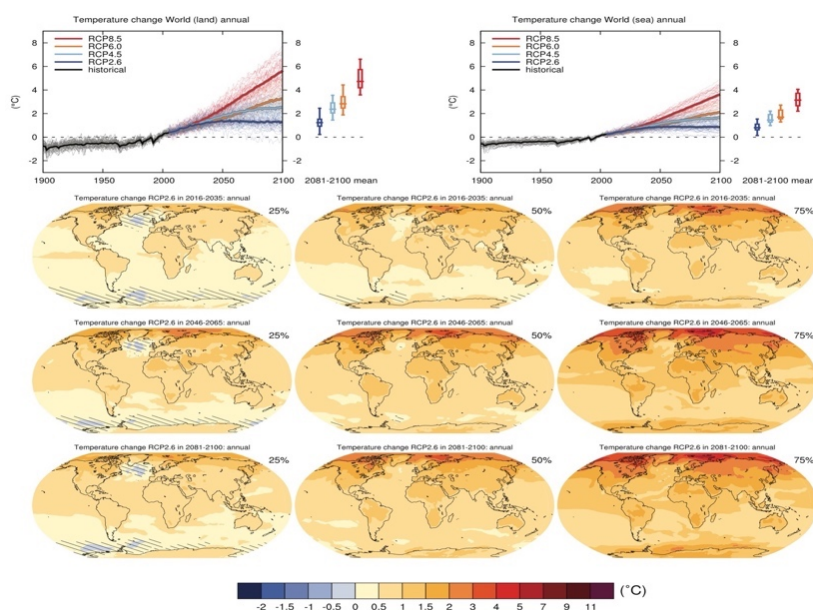


Figura 1 – Variazioni future delle temperature mondiali in funzione dei diversi scenari RCP (19).

Le isoterme annuali e stagionali considerate idonee alla coltivazione della vite sono rispettivamente $10-20^{\circ}C$ e $12-22^{\circ}C$. Secondo lo scenario di aumento di emissione di CO_2 media, nel 2049 le isoterme stagionali $12-22^{\circ}C$ slitteranno di 150-300 km verso i poli in entrambi gli emisferi. Lo stesso scenario prevede un ulteriore spostamento di 125-250 km entro il 2099 (20).

Tutti questi fattori, che influenzano direttamente la crescita della vite e la qualità delle sue produzioni, stanno portando ad uno spostamento generalizzato verso nord dell'areale di coltivazione della vite, inattuabile fino a qualche decennio fa,

per tentare di mitigare gli effetti negativi causati dal surriscaldamento globale e per rincorrere quelle caratteristiche di equilibrio tra espressione aromatica, maturità fenolica, acidità e giusto grado alcolico richiesti dal mercato vinicolo (9).

La scelta iniziale del sito del vigneto è una decisione irreversibile, risulta pertanto imprescindibile valutare attentamente ogni variabile presente e futura, per creare le condizioni migliori per un progetto ben inserito nel contesto scelto, che possa essere durevole nel tempo e che miri alla massima qualità possibile.

SCOPO DELLA TESI

In questa tesi si valuterà la possibilità di impiantare un vigneto di Pinot nero, in un terreno agricolo sito in provincia di Bologna nell'area DOCG Colli Bolognesi Pignoletto, per la produzione di un vino spumante metodo classico.

Per caratterizzare l'area dal punto di vista climatico e pedologico, verranno esaminati i parametri di temperatura e piovosità registrati negli ultimi decenni e la composizione del suolo.

Verranno inoltre fatte delle stime legate ai cambiamenti climatici che interesseranno anche quella zona nei prossimi trent'anni e che inevitabilmente andranno a condizionare il vigneto e la sua produzione qualitativa e quantitativa.

L'analisi di tutti i risultati che verranno raccolti (clima, suolo, cambiamenti climatici e vigneto precedente), permetterà di verificare se le caratteristiche del terreno si adattano al progetto vitivinicolo ipotizzato, valutando anche la scelta dei portainnesti più idonei, dei sistemi di allevamento e di eventuali piani di concimazione pre-impianto, comprese possibili scelte di tecnica colturale da mettere in pratica nel vigneto in piena produzione.

MATERIALI E METODI

Il terreno identificato per questo studio, si trova in provincia di Bologna, nel comune di Monte San Pietro, frazione Monte San Giovanni e precisamente in località San Chierlo (coordinate 44°23'34" N 11°09'08" E) (FIGURA 2).

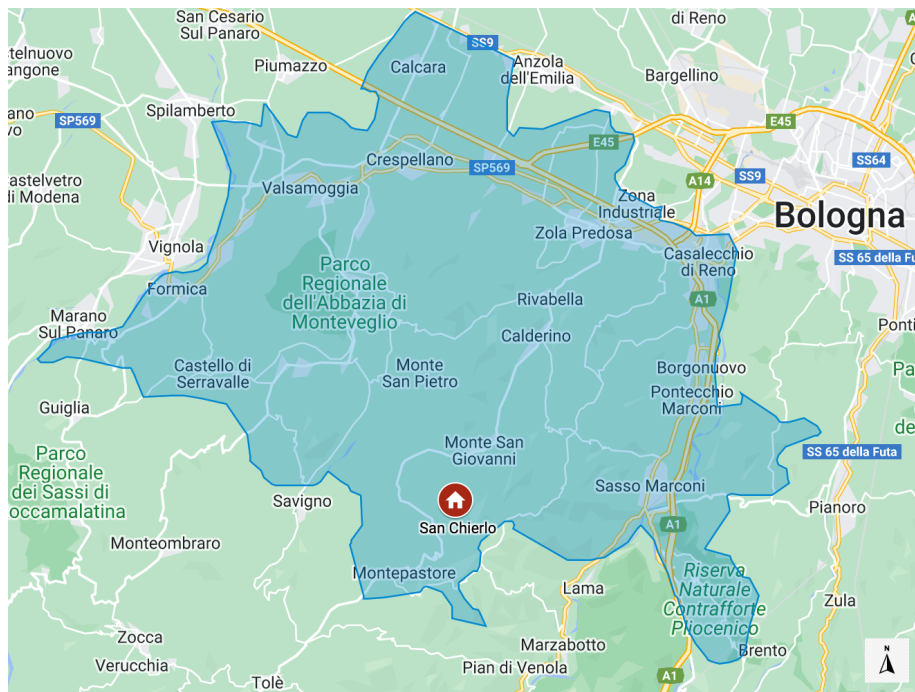


Figura 2 - La zona di produzione del Pignoletto Colli Bolognesi DOCG e la località San Chierlo, nel comune di Monte San Pietro.

Il campo ha una superficie di un ettaro e si trova ad un'altezza di circa 450 m slm.

Attualmente, il terreno al centro dell'indagine e i terreni attigui sono coltivati a seminativo. Altri elementi che caratterizzano l'ambiente circostante sono la presenza di boschi di latifoglie e del Monte Bonzara, che dista 1.100 metri in linea d'aria e raggiunge i 660 metri slm.

A poche centinaia di metri, sul versante opposto che guarda a sud-ovest, si trova la Tenuta Bonzara, importante azienda vitivinicola bolognese, che

produce con successo, dagli anni '60, vini da uve autoctone (Pignoletto, Nebbiolo) e internazionali (Cabernet sauvignon, Merlot, Sauvignon).

L'appezzamento (denominato Terreno SC1) confina con altri terreni, che furono già al centro di un progetto vitivinicolo, a metà degli anni '70 del secolo scorso (FIGURA 3).



Figura 3 - Il vigneto presente negli anni '70 (circolo rosso), in prossimità del Terreno SC1 (area azzurra). Fonte: elaborazione da Geoportale 3D regione Emilia-Romagna, ortofoto realizzata a partire dalla digitalizzazione dei fotogrammi del Volo aerofotogrammetrico RER dal 1976 al 1978.

ANALISI GEOMORFOLOGICA

Per ottenere con precisione diversi dati preliminari sulla geomorfologia del terreno, è stato utilizzato QGIS, software GIS (Geographic Information System) open source, che permette di visualizzare, analizzare e rappresentare dati spaziali mediante la sovrapposizione di *layers* informativi.

I DTM (*Digital Model Terrain*) sono modelli digitali del terreno in formato griglia e rappresentano l'altimetria di un territorio attraverso un modello a celle a cui sono associate le informazioni di quota. I DTM sono un modello digitale di elevazione che non considera elementi antropici e vegetazionali.

Dal sito della Regione Emilia-Romagna è stato scaricato il raster DTM 5x5, che comprende il comune di Monte San Pietro e che restituisce le informazioni altimetriche di celle 5 m x 5 m.

A partire dal DTM, il software QGIS permette di ricavare altezza ed esposizione di ogni singola cella, con una precisione di 5 metri. QGIS mette infatti in relazione la quota altimetrica di ogni singola cella con le celle confinanti ed elabora analisi tridimensionali sfruttando l'informazione delle altezze dei singoli punti nella matrice.

Calcolo della pendenza

È stato utilizzato l'algoritmo "Pendenza" della libreria GDAL, che impiega la formula di Horn. Il risultato ottenuto è un'immagine raster in cui a ciascun pixel è associato il valore di pendenza espresso in gradi o in percentuale. Per ogni cella, il software calcola la pendenza (*slope*) come il rapporto tra la differenza di quota (*rise*) tra la cella e le otto celle adiacenti e la distanza (*run*) tra il centro della cella con le stesse celle adiacenti.

Calcolo dell'esposizione

L'esposizione di una superficie esprime l'orientamento dei versanti rispetto ai punti cardinali. Può essere considerato come il calcolo della direzione della pendenza e si misura in gradi rispetto alla direzione del Nord geografico (0°-360°): un'esposizione 0 significa che la pendenza è rivolta verso Nord, 90 verso Est, 180 verso Sud, 270 verso Ovest.

In questo caso è stato utilizzato l'algoritmo "Esposizione" della libreria di GDAL e per rappresentare graficamente il risultato, sono state create otto bande di colore diverso (corrispondenti agli otto punti cardinali).

ANALISI DEL CLIMA

L'analisi del clima per il terreno in questione è stata effettuata partendo dalle banche dati realizzate da Arpae, l'Agenzia prevenzione ambiente energia Emilia-Romagna, sui temi meteo-climatici (21).

Il Dataset meteorologico orario e giornaliero per l'Emilia-Romagna fornisce temperature dal 2001 ad oggi e precipitazioni dal 1991 ad oggi.

Sono stati estrapolati i dati della particella 01303 (44°24'27.0''N 11°09'04.1''E), sulla quale verte il Terreno SC1, ottenendo così i dati giornalieri di temperatura media, temperatura minima e massima e piovosità.

L'altezza media della cella 01303 è di 310 metri slm, mentre il Terreno SC1 si trova a circa 450 metri slm; è stato quindi apportato un fattore di correzione di -0,85°C (pari a -0,6°C/100 metri di dislivello) alle temperature medie giornaliere, in questo modo sono stati ottenuti i dati giornalieri stimati di temperatura per il Terreno SC1, utilizzati poi per il calcolo dei diversi indici bioclimatici (13).

Indice di Amerine-Winkler

I gradi giorno (GG) rappresentano la sommatoria delle temperature medie giornaliere nel periodo compreso tra il 1° aprile e il 31 ottobre, sottraendo a tale dato un valore soglia (10°C) al di sotto del quale i fenomeni di crescita dei germogli sono nulli (in caso di valori negativi si considera valore 0).

$$IW = \sum_{1\text{aprile}}^{31\text{ottobre}} [T_{med} - 10] \quad (\text{valori negativi di } (T_{med}-10) \text{ vanno posti } =0)$$

Sulla base della disponibilità termica in gradi Winkler, è possibile classificare i territori viticoli in sette categorie:

Tabella 1 - Regioni bioclimatiche in funzione dell'indice di Winkler (13).

	IW < 850	Troppo freddo
Regione I	851 < IW < 1389	Geisenheim (D), Reims (F), Ginevra (CH), Digione (F), Vienna (A), Tasmania (Au), Yarra Valley (Au), Sonoma Valley (Ca, USA), Bordeaux (F)
Regione II	1390 < IW < 1667	Napa Valley (Ca, USA), Barossa Valley (Au), Budapest (H), Asti (I), Fabriano (I)
Regione III	1668 < IW < 1944	Montpellier (F), Jesi (I), Calistoga e St. Helena in Napa Valley (Ca, USA), Clare Valley (AU), Modena e Reggio Emilia (I)
Regione IV	1945 < IW < 2222	Venezia (I), Mendoza (RA), Conero (I)
Regione V	2223 < IW < 2700	Palermo (I), Fresno (Ca, USA), Hunter Valley (AU)
	IW > 2700	Troppo caldo

Indice di Huglin

L'indice di Huglin non comprende le temperature del mese di ottobre, viene calcolato sommando le temperature medie a partire dallo zero di vegetazione (10°C). L'indice conferisce inoltre un peso consistente alle temperature massime. Rispetto all'indice di Winkler, introduce anche un fattore di lunghezza dei giorni, k, dipendente dalla latitudine, per integrare la durata dell'attività fotosintetica potenzialmente più elevata durante il periodo vegetativo della vite alle alte latitudini (13). Per la latitudine del Terreno SC1, k = 1,04.

$$IH = \sum_{1\text{aprile}}^{30\text{settembre}} \left[\frac{(T_{med}-10)+(T_{max}-10)}{2} k \right]$$

(valori negativi di (Tmed-10) e (Tmax-10) vanno posti =0)

Il calcolo dell'indice di Huglin, per una determinata zona, permette di classificarla in una delle seguenti categorie (TABELLA 2).

Questo indice riguarda solo aree vitivinicole appartenenti all'emisfero settentrionale.

Tabella 2 - Suddivisione delle regioni in base all'indice di Huglin (13).

Regione molto fredda	IH < 1500	Champagne (F)
Regione fredda	1501 < IH < 1800	Champagne (F), Valle della Loira (F)
Regione temperata	1801 < IH < 2100	Bordeaux (F), Perugia (I)
Regione temperata-calda	2101 < IH < 2400	Montpellier (F), Ravenna (I), Modena (I), Treviso (I), Napa Valley (Ca, USA), Verona (I)
Regione calda	2401 < IH < 3000	Mendoza (ARG), Jerez de la Frontera (E), Trapani (I), Lecce (I)
Regione molto calda	IH > 3001	Fresno (Ca, USA), Cordoba (E)

Applicando lo stesso metodo usato per le temperature medie, è stato sottratto un valore di 0,85°C dalle temperature massime della cella 01303.

Temperature critiche durante le diverse fasi fenologiche della vite

Per la valutazione delle temperature critiche minime in inverno e nelle successive fasi fenologiche, dalle temperature minime giornaliere (2001-2022) è stato sottratto il fattore di correzione (0,85°C) dovuto alla differente quota del Terreno SC1 rispetto ai dati Arpae.

Allo stesso modo sono state prelevate le temperature massime dal portale Arpae (cella 01303 > temperature massime giornaliere) ed è stato poi applicato il fattore di correzione di -0,85°C; i risultati hanno fornito indicazioni per le temperature critiche massime in estate.

Precipitazioni

I dati Arpae sono stati utilizzati anche per ottenere i dati relativi alle precipitazioni. La cella 01303 riporta i mm di pioggia giornaliera che hanno interessato la zona interessata (in questo caso non viene applicato nessun fattore correttivo sul dato, in quanto i dati ottenuti non comportano errori significativi ai fini dell'analisi). Sommando i dati giornalieri, per ogni anno, si ricava la quantità di pioggia annuale cumulata (mm = metri cubi acqua per ettaro).

La media delle precipitazioni mensili, dal 2001, permette anche di valutare la distribuzione delle precipitazioni durante l'anno.

Climogramma di Bagnouls e Gausсен

Inserendo i dati di temperatura media mensile e piovosità mensile in un grafico a due ordinate ($y1$ e $y2$), si ottiene una distribuzione che restituisce visivamente i periodi aridi e umidi e permette di confrontare velocemente annate diverse o luoghi con climi diversi.

Il grafico riporta sull'ascissa x i mesi dell'anno, sull'ordinata $y1$ i mm di pioggia mensile e sull'ordinata $y2$ le temperature medie mensili, raddoppiate rispetto alle precipitazioni.

Proiezioni climatiche

Per stimare come il cambiamento climatico potrebbe modificare in previsione futura i valori attuali, si è partiti dalle Schede di proiezione climatica pubblicate da Arpae nel 2022 (22).

Le proiezioni climatiche Arpae sono realizzate sulla base dello scenario emissivo RCP4.5 (limitata protezione del clima) che presuppone la messa in atto di alcune iniziative per la progressiva stabilizzazione della concentrazione di gas serra (18).

Tali schede riguardano diverse aree omogenee della regione Emilia-Romagna; nel caso del Terreno SC1 si è partiti dai dati relativi alla macrozona 'collina est' (FIGURA 4).

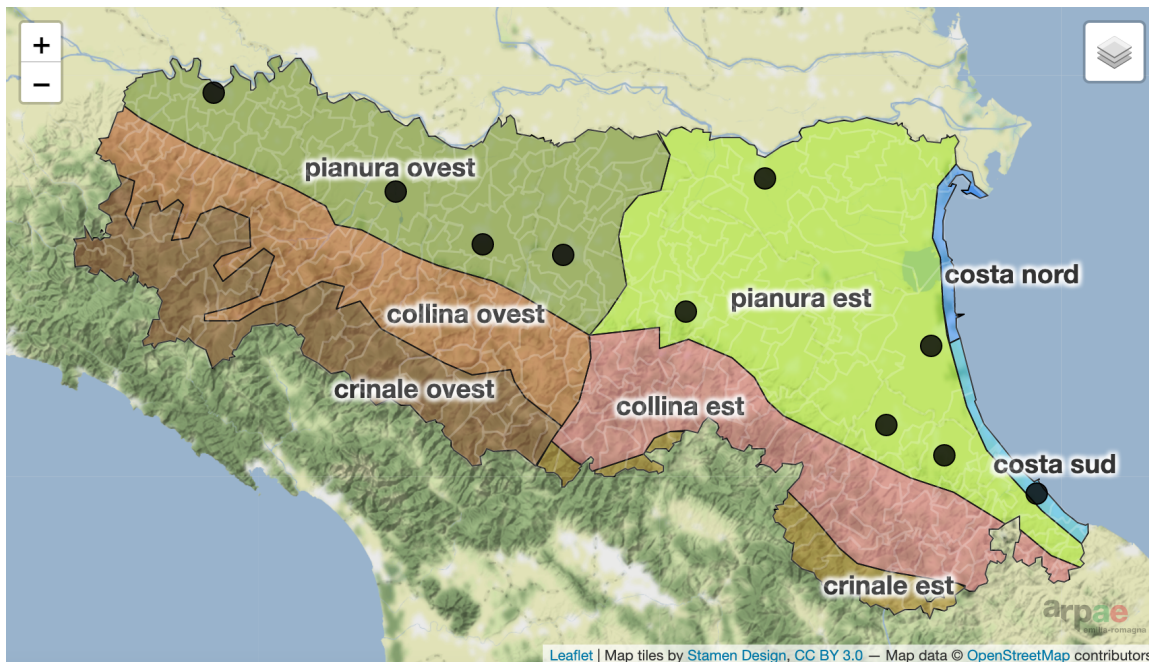


Figura 4 - Suddivisione della regione Emilia-Romagna in zone omogenee, secondo le proiezioni Arpae (22).

Nell'analisi Arpae è stato preso come periodo di riferimento l'intervallo che va dal 1961 al 1990 e come periodo di proiezione gli anni dal 2021 al 2050. Per 'collina est' le proiezioni Arpae mostrano un incremento delle temperature medie annuali da 11,7°C a 13,4°C (+14,6% rispetto al periodo di riferimento). È stata scelta la centralina più vicina al Terreno SC1, attiva nel periodo di riferimento (nel trentennio di riferimento, le centraline di rilevazione dati non erano ancora molto diffuse in regione); per questa specifica analisi, sono stati quindi utilizzati i dati della centralina di Monzuno (590m slm), a cui sono stati apportati i modificatori di temperatura legati alla diversa altitudine (+0,85°C, pari a +0,6°C per 100 metri di dislivello) per ottenere la stima delle temperature medie mensili del Terreno SC1 nel periodo 1961-1990. Quindi è stata aggiunta la stessa percentuale di incremento temperature estrapolata dalle proiezioni Arpae e sono state stimate le temperature medie del Terreno SC1 per il periodo 2021-2050.

Procedimento simile è stato seguito per le precipitazioni annue: anche in questo caso il rapporto Arpae pone come periodo di riferimento il trentennio 1961-

1990 e la proiezione sugli anni 2021-2050. La proiezione per la macrozona 'colina est' mostra un calo delle precipitazioni annue del 9% (da 1000 mm/anno a 910 mm/anno).

Per il Terreno SC1, sono stati usati come dati di partenza quelli della centralina di Monte San Pietro per gli anni 1961-1990.

Radiazione solare

Esposizione del terreno e pendenza influenzano la quantità di radiazione luminosa intercettata dalla pianta: un versante esposto a sud-ovest è più illuminato, mentre un versante esposto a nord-est lo è molto meno. La differente insolazione aumenta proporzionalmente con l'aumentare della pendenza (23).

ANALISI DEL SUOLO

Le analisi del suolo sono state effettuate da Vassanelli Lab di Bussolengo (VR), laboratorio accreditato Accredia n°0293L. Con il termine accreditamento si intende il riconoscimento formale della conformità di un laboratorio di prova alle prescrizioni della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018, rilasciato da un organismo di accreditamento che opera in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17011. L'accreditamento è basato sulla verifica della competenza tecnica del laboratorio ad effettuare specifiche prove o determinati tipi di prova, nonché sulla valutazione del sistema di gestione del laboratorio.

Le modalità di prelevamento del campione hanno seguito le indicazioni del Supplemento ordinario G.U. n° 248 del 21-10-1999 – "Approvazione dei metodi ufficiali di analisi chimica del suolo".

Un accurato prelievo del campione da sottoporre ad analisi è indispensabile per ottenere risultati veramente rappresentativi della situazione reale del terreno e quindi per poter fornire indicazioni agronomiche attendibili.

Poiché in laboratorio si analizza soltanto una piccola parte di terreno, il campione prelevato deve essere il più rappresentativo possibile dell'area da

analizzare. L'appezzamento oggetto di analisi deve essere suddiviso in sezioni in modo da creare zone omogenee sulle quali eseguire analisi del terreno separate. Dalla superficie da campionare vanno escluse le zone anomale per aspetto (colore, tessitura, ecc.) e per storia agronomica (diversità di colture, trattamenti, concimazioni ecc.). Vanno inoltre esclusi i bordi dell'appezzamento per circa 5 metri dai fossi e dalle capezzagne.

I prelievi dei campioni sono stati effettuati nel mese di marzo del 2022.

L'operazione è stata fatta manualmente tramite vanga e successivamente i campioni sono stati mescolati tra loro in un secchio e poi raccolti in un sacchetto di plastica. Sul terreno analizzato era stata effettuata una fertilizzazione oltre sei mesi prima della raccolta del campione.

Sono stati raccolti sub-campioni in quindici punti diversi del terreno, scegliendo la modalità di campionamento sistematico, che prevede la suddivisione ideale del terreno nel numero scelto di unità di sub-campionamento, utilizzando un reticolo di dimensioni opportune, eliminando la porzione più superficiale di suolo ed includendo il terreno compreso tra 20 e 50 cm di profondità.

In seguito a miscelazione nel secchio, è stato inviato 1 kg di campione al laboratorio.

Di seguito l'elenco delle analisi richieste:

Tabella 3 - Analisi richieste per il Terreno SC1 e metodi di analisi utilizzati.

<p>Analisi chimiche varie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calcare totale • Calcare attivo • Carbonio organico • Sostanza organica • Azoto totale (Kjeldhal) • Fosforo assimilabile (P) • Boro solubile • Rapporto carbonio/azoto 	<p>% p/p (su s.s.)</p> <p>% p/p (su s.s.)</p> <p>% p/p (su s.s.)</p> <p>% p/p (su s.s.)</p> <p>% p/p (su s.s.)</p> <p>mg/kg (su s.s.)</p> <p>mg/kg (su s.s.)</p>	<p>DM 13/09/99 Met.V.1</p> <p>DM 13/09/99 Met.V.2</p> <p>DM 13/09/99 Met.VII.2</p> <p>DM 13/09/99 Met.VII.2</p> <p>DM 13/09/99 Met.XIV.3</p> <p>DM 13/09/99 Met.XV.3</p> <p>DM 13/09/99 Met.XVI.2</p> <p>DM 13/09/99 Met.VII.2</p>
<p>Analisi strumentali varie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Scheletro • Tessitura • Sabbia • Limo • Argilla • pH (H₂O) • CSC 	<p>% p/p (su s.s.)</p> <p>% p/p (su s.s.)</p> <p>% p/p (su s.s.)</p> <p>% p/p (su s.s.)</p> <p>% p/p (su s.s.)</p> <p>Meq/100gr</p>	<p>DM 13/09/99 Met.II.1</p> <p>DM 13/09/99 Met.II.6</p> <p>DM 13/09/99 Met.II.6</p> <p>DM 13/09/99 Met.II.6</p> <p>DM 13/09/99 Met.II.6</p> <p>DM 13/09/99 Met.III.1</p> <p>DM 13/09/99 Met.XIII.2</p>
<p>Cationi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rame assimilabile • Zinco assimilabile • Manganese assimilabile • Ferro assimilabile • Calcio ossido (CaO) scambiabile • Calcio scambiabile • Magnesio ossido scambiabile • Magnesio scambiabile • Potassio ossido scambiabile • Potassio scambiabile • Sodio scambiabile • Rapporto Magnesio/Potassio • Rapporto Calcio/Magnesio 	<p>mg/kg (su s.s.)</p> <p>mg/kg (su s.s.)</p> <p>mg/kg (su s.s.)</p> <p>mg/kg (su s.s.)</p> <p>mg/kg (su s.s.)</p> <p>mg/kg (su s.s.)</p> <p>mg/kg (su s.s.)</p> <p>mg/kg (su s.s.)</p> <p>mg/kg (su s.s.)</p> <p>mg/kg (su s.s.)</p> <p>mg/kg (su s.s.)</p> <p>mg/kg (su s.s.)</p> <p>mg/kg (su s.s.)</p>	<p>DM 11/05/92 Met.37</p> <p>DM 11/05/92 Met.37</p> <p>DM 11/05/92 Met.37</p> <p>DM 11/05/92 Met.37</p> <p>DM 13/09/99 Met.XIV.3</p> <p>DM 13/09/99 Met.XIII.5</p> <p>DM 13/09/99 Met.XIII.5</p> <p>DM 13/09/99 Met.XIII.5</p> <p>DM 13/09/99 Met.XIII.5</p> <p>DM 13/09/99 Met.XIII.5</p> <p>DM 13/09/99 Met.XIII.5</p> <p>DM 13/09/99 Met.XIII.5</p> <p>DM 13/09/99 Met.XIII.5</p> <p>DM 13/09/99 Met.XIII.5</p>

RISULTATI E DISCUSSIONE

ANALISI GEOMORFOLOGICA

L'analisi geomorfologica effettuata con il software QGIS ha permesso di ottenere con maggior precisione i dati geomorfologici di quota, pendenza ed esposizione.

Il Terreno SC1 (con un'area di circa 10.500 mq) si trova ad un'altezza che varia da 444 metri slm (punto più basso) a 475 metri slm (punto più alto) (FIGURA 5).



Figura 5 - I confini del Terreno SC1 (linea rossa) e le quote minime e massime.
Fonte: elaborazione personale da QGIS.

Il terreno ha una pendenza media del 27%.

In particolare, la pendenza è massima in prossimità dei confini sudoccidentali, dove raggiunge quasi il 54%, per poi decrescere gradualmente fino al 3,9% nella parte orientale del campo (FIGURA 6).

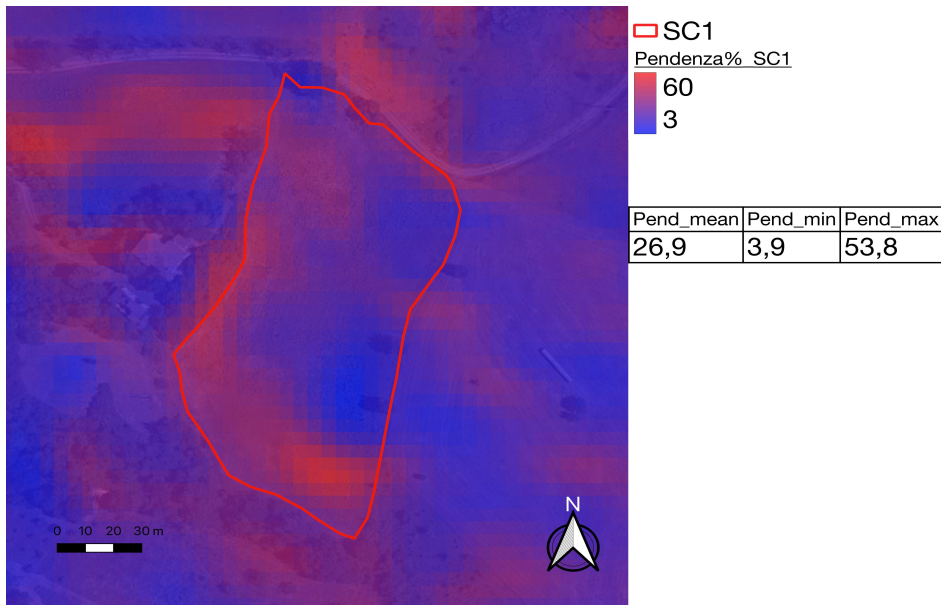


Figura 6 - Pendenza media, massima e minima del Terreno SC1.
 Fonte: elaborazione personale da QGIS.

L'esposizione elaborata dal software mostra una parte rivolta principalmente a est (l'angolazione, rispetto allo 0 del nord, è quindi compresa tra 67,5° e 112,5°) ed una seconda porzione rivolta a nord-est (angolazione tra 22,5° e 67,5°) mentre una piccola parte restante ha esposizione nord (FIGURA 7).

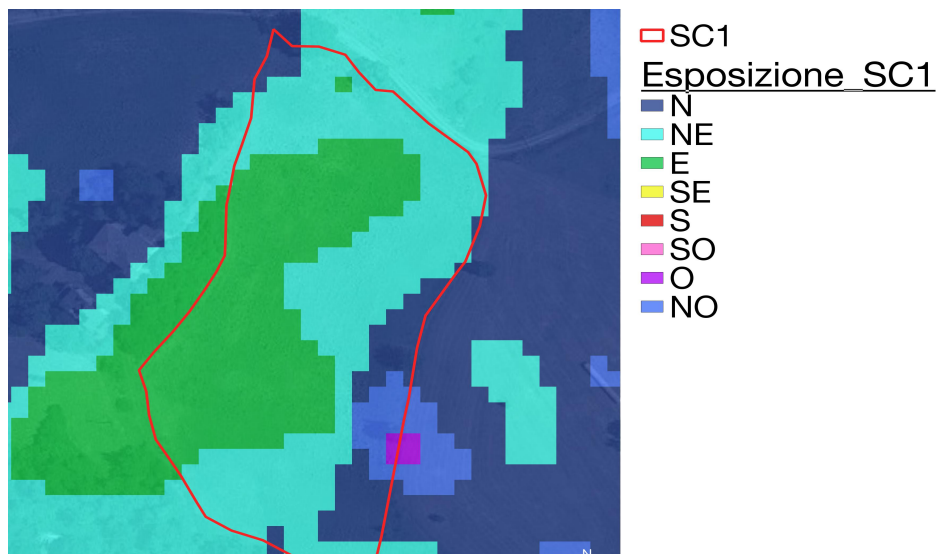


Figura 7 - L'esposizione dei vari punti sul Terreno SC1.
 Fonte: elaborazione personale da QGIS.

ANALISI DEL CLIMA

Indici bioclimatici

La suddivisione climatica delle regioni viticole è il punto di partenza per delineare le relazioni che legano cultivar e clima (TABELLA 4).

Zone più fresche, con sommatorie termiche più basse, si adattano meglio a varietà a maturazione precoce, destinate alla produzione di vini dotati di buona acidità e gradazione alcolica contenuta; in caso contrario si rischierebbe di non portare al termine della maturazione la varietà scelta. Per le zone più calde, al contrario, è necessario disporre di varietà a maturazione tardiva, in grado di mantenere buoni livelli di acidità che possano bilanciare gradazioni alcoliche più elevate. Varietà a maturazione precoce in climi troppo caldi, porterebbe ad un eccessivo anticipo di accumulo zuccherino, con disaccoppiamento tra maturità tecnologica (ottimale rapporto zuccheri e acidi, in funzione dell'obiettivo enologico) e fenolica (massimo accumulo di antociani con elevata estraibilità, tannini maturi e poco astringenti) (13).

Tabella 4 - Classificazione di alcune cultivar secondo le loro necessità termiche espresse in GG. In rosso le varietà non autorizzate alla coltivazione in Emilia-Romagna (13).

Necessità termiche GG (°C)	Uve a bacca bianca	Uve a bacca nera
1200 – 1400	Chardonnay, Riesling, Traminer, Tocai friulano	Pinot Nero, Gamay
1401 – 1600	Chardonnay, Pecorino, Riesling, Sauvignon, Verdicchio, Pinot bianco, Pinot grigio, Albana	Cabernet sauvignon, Cabernet franc, Merlot, Nebbiolo, Sangiovese, Pinot nero, Ciliegiole
1601 - 1800	Pecorino, Riesling italico, Trebbiano toscano, Verdicchio, Pinot bianco, Pinto grigio, Sauvignon, Pignoletto, Albana, Montuni	Cabernet sauvignon, Grignolino, Merlot, Montepulciano, Sangiovese, Refosco, Malbec
1801 - 2000	Riesling italico, Trebbiano toscano, Malvasia bianca, Moscato bianco, Pignoletto, Montuni	Lambrusco maestri, Lambrusco salamino, Montepulciano, Sangiovese, Aleatico, Barbera
2001 - 2200	Fiano, Grillo, Passerina, Trebbiano abruzzese	Calabrese, Montepulciano, Negro Amaro
> 2200	Fiano, Grillo	Negro Amaro, Aglianico

L'indice di Winkler - IW (Amerine e Winkler, 1944) è stato il primo indice bioclimatico utilizzato per classificare le regioni vitivinicole del mondo in funzione della somma delle temperature ottimali per lo sviluppo della vite e la maturazione dell'uva (24).

Grazie ai dati delle temperature medie, ricavati per il Terreno SC1, è stato calcolato l'indice di Winkler per ogni anno, dal 2001 al 2022:

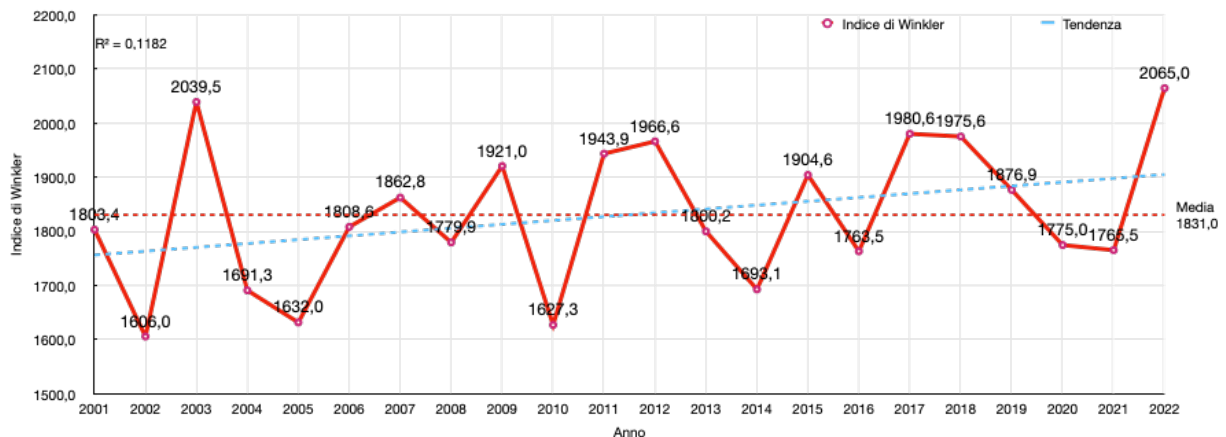


Figura 8 - Indice di Winkler per il Terreno SC1.

Nel periodo in esame, l'indice di Winkler medio è di 1831 GG; risultato comparabile, tra le altre, alle zone vitivinicole di Modena e Reggio Emilia, Jesi, Montpellier e Napa Valley (13). Alcune delle cultivar con necessità termiche comprese tra 1800 e 2000 GG sono il Riesling italoico, il Trebbiano toscano, il Lambrusco salamino, il Montepulciano e il Sangiovese.

Il dato più basso registrato nel sito in studio è del 2002, con 1606 GG, mentre il dato più alto è del 2022, con 2065 GG.

In generale il grafico mostra grande variabilità in positivo o in negativo rispetto alla media, ma risulta evidente la tendenza in crescita, che porta a ipotizzare un ulteriore incremento dell'indice nei prossimi anni.

Dalle temperature medie e dalle temperature massime è stato possibile calcolare anche l'indice di Huglin per gli ultimi ventidue anni:

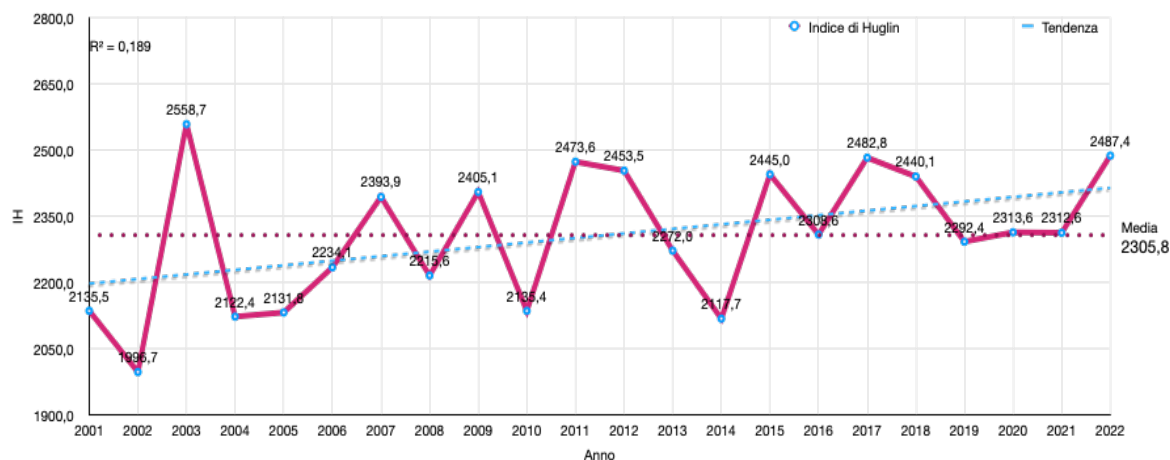


Figura 9 - Indice di Huglin per il Terreno SC1.

La media dell'indice di Huglin per il periodo in esame è di 2305,8.

In generale, le valutazioni che si possono fare a partire da questi dati rispecchiano quanto visto precedentemente con l'indice di Winkler, nonostante leggere differenze. Anche in questo caso il dato più basso è quello del 2002 (IH = 1996,7), mentre il dato più alto è quello del 2003 (IH = 2558,7) (FIGURA 9).

Come mostrato dalla retta 'Tendenza', l'andamento è in crescita (la media dei primi 11 anni ha un IH = 2254, contro un IH = 2356 degli ultimi 11 anni analizzati).

Il Terreno SC1 si posiziona tra i territori temperati caldi, secondo l'indice IH, al pari di zone come Ravenna, Modena, Treviso, Verona, Napa Valley e Montpellier.

Valutazione delle temperature critiche nei diversi periodi fenologici

Le temperature critiche della vite variano in base alla fase fenologica in cui si trova la pianta. Nelle diverse fasi, infatti, la vite è più o meno soggetta a rischi grazie alle strategie che può mettere in atto (3).

Temperatura critica minima invernale

Nel periodo invernale, le piante rallentano al minimo i processi fisiologici attuando una serie di meccanismi che riducono la suscettibilità alle basse

temperature (disidratazione dei tessuti, dormienza e variazioni ormonali), in modo da sopportare temperature minime che arrivano fino a -15/-20°C, a seconda della cultivar (3) (4) (TABELLA 5).

Tabella 5 - Livelli di resistenza di alcune cultivar di vite al freddo invernale (13).

Cultivar molto resistenti	Trebbiano romagnolo, Ancellotta, Muller Thurgau, Silvaner, Schiava grossa
Cultivar resistenti	Pinot grigio, Pinot nero
Cultivar poco resistenti	Riesling, Pinot Meunier
Cultivar molto sensibili	Kerner

Nel periodo esaminato, compreso tra il 1° gennaio e il 28 febbraio degli anni dal 2001 al 2022, non si sono evidenziate giornate con temperature minime inferiori a -15°C (temperatura critica minima invernale per la vite) e solo raramente le temperature sono scese sotto i -10°C (TABELLA 6).

Temperatura critica minima pre-germogliamento

Il pre-germogliamento è la fase immediatamente precedente alla schiusura delle gemme e corrisponde a 7-10 giorni con temperature medie giornaliere superiori a 8-10°C. In queste condizioni i tessuti cominciano a reidratarsi, inizia l'attività meristemica degli apici vegetativi e i livelli di tolleranza alle basse temperature si riducono tanto che la temperatura critica minima per la pianta coincide a valori vicini a -2°C (3) (4).

I dati delle temperature medie mostrano temperature stabilmente superiori a 8°C nella seconda decade di marzo, che inducono a collocare il pre-germogliamento in questo periodo.

Temperatura critica minima germogliamento

Temperature minime che scendono sotto i 0°C nella fase di germogliamento (indicativamente a partire dal 20 di marzo, per il Terreno SC1) possono influire negativamente sulla crescita del germoglio (13).

Anche la sensibilità nei confronti delle gelate primaverili cambia nelle diverse cultivar ed è funzione dell'epoca di germogliamento: cultivar a germogliamento precoce sono più a rischio nei confronti di eventuali ritorni di freddo, mentre cultivar a tardo germogliamento subiscono meno l'abbassamento delle temperature (TABELLA 7).

Tabella 7 - Livelli di resistenza di alcune cultivar di vite alle gelate primaverili (13).

Cultivar molto resistenti	Cabernet sauvignon, Cabernet franc, Trebbiano toscano, Riesling italoico
Cultivar resistenti	Sauvignon, Merlot, Pinot nero
Cultivar poco resistenti	Aleatico, Sangiovese
Cultivar molto sensibili	Chardonnay, Nebbiolo, Lacrima

Dalla valutazione delle temperature registrabili nelle fasi di pre-germogliamento e germogliamento che, sulla base dell'andamento termico osservato precedentemente, potrebbero verificarsi dalla seconda decade di marzo alla metà di

aprile, si osserva che le temperature minime possono scendere occasionalmente sotto -2°C (temperature minime critiche in pre-germogliamento); mentre dalla terza decade la temperatura critica in fase di germogliamento (pari o inferiore a 0°C) è stata raggiunta con frequenza nel Terreno SC1 (TABELLA 8).

Tabella 8 - Database delle temperature minime per il Terreno SC1. Nei riquadri gialli la fase di pre-germogliamento, in quelli verdi la fase di germogliamento. In rosso le temperature inferiori a -2°C, in blu le temperature tra 0 e -2°C.

	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
10/3	0,4	1,3	5,4	9,1	5,9	6,9	3,3	2,5	4,0	5,1	1,2	1,6	-2,7	4,8	6,4	5,3	2,2	0,7	1,9	6,6	6,7	5,0
11/3	-1,8	3,6	6,6	3,9	5,7	4,1	4,4	4,1	4,3	4,9	3,2	2,7	-3,1	4,5	5,6	3,6	0,2	-1,8	0,1	7,4	5,8	6,5
12/3	-1,6	4,9	7,9	3,5	5,6	3,4	5,7	2,7	4,4	3,8	5,2	5,0	-1,6	3,1	7,7	4,0	-2,5	6,1	0,5	7,8	6,2	6,6
13/3	-2,9	4,9	9,3	2,2	6,6	2,0	5,2	2,6	5,6	3,9	3,6	5,0	-1,1	5,5	8,3	6,3	-2,2	5,9	1,9	4,5	7,1	7,5
14/3	1,9	0,8	5,1	1,5	7,2	4,5	3,8	2,2	5,2	1,6	4,9	5,4	-0,4	3,6	5,1	8,7	0,1	3,0	4,7	1,5	5,9	9,1
15/3	2,7	1,1	3,7	7,5	6,3	6,4	2,2	4,1	5,8	-0,8	7,4	7,2	0,8	6,1	7,0	9,1	0,1	5,9	5,0	0,1	7,1	8,4
16/3	5,2	2,6	2,2	11,0	5,6	5,6	2,7	5,6	5,8	-2,9	5,7	7,9	3,1	5,7	8,2	8,2	0,5	5,7	6,1	0,9	7,3	7,5
17/3	5,2	0,6	4,3	9,1	5,6	7,6	3,2	5,4	10,6	1,5	8,1	6,3	3,1	5,3	9,0	9,4	1,6	6,5	7,8	-0,1	6,8	7,3
18/3	3,5	-0,8	5,3	3,8	2,5	10,8	3,2	5,3	9,2	0,6	8,2	6,2	6,5	8,8	4,6	9,2	0,3	8,0	9,7	4,0	7,8	5,8
19/3	1,7	-2,1	8,0	1,1	-1,3	9,4	5,8	5,0	8,6	5,6	6,9	5,8	5,2	3,2	1,9	1,8	1,7	10,6	9,4	3,4	10,0	9,5
20/3	0,4	-2,4	8,1	2,1	0,5	7,6	6,6	4,1	6,4	3,7	4,3	3,8	8,1	0,9	2,1	-0,5	2,7	5,8	9,1	3,2	9,9	10,5
21/3	-0,9	-1,7	6,7	0,2	-0,8	8,8	7,6	4,6	8,7	3,2	7,6	1,7	8,1	-0,6	4,2	1,2	4,8	6,0	8,9	3,0	10,7	9,7
22/3	-0,2	-1,4	4,4	2,5	-2,4	7,5	6,5	5,7	9,7	5,1	7,2	2,2	8,1	0,7	3,9	1,2	4,9	8,9	5,9	2,0	10,5	9,1
23/3	1,7	0,5	0,7	7,1	0,1	9,3	4,8	5,8	4,3	4,8	8,5	5,2	7,8	7,1	1,9	1,8	6,5	7,4	3,4	-0,1	4,8	12,5
24/3	5,3	3,3	-0,8	8,5	2,7	9,5	2,6	5,4	2,1	2,1	8,6	5,9	7,7	2,8	1,5	2,6	4,6	6,1	2,8	2,4	2,3	10,2
25/3	5,7	4,5	0,8	2,7	1,0	9,3	6,2	7,8	1,8	-0,4	8,6	8,2	7,2	3,0	1,9	3,1	4,2	8,4	4,8	7,3	3,4	7,8
26/3	5,8	4,5	-1,4	2,0	1,3	5,7	6,3	7,6	3,5	-0,2	9,4	8,2	9,3	4,7	1,4	3,2	5,8	7,5	2,5	6,9	1,3	9,4
27/3	7,7	7,2	1,7	2,7	5,2	3,1	6,8	6,8	5,1	0,8	7,4	6,9	9,2	7,2	3,1	5,1	9,4	8,8	2,7	7,9	1,6	6,5
28/3	5,3	6,7	5,6	2,6	4,6	4,8	8,2	5,6	6,4	1,7	9,1	7,8	8,7	7,9	3,9	4,5	9,6	8,9	2,4	6,8	0,4	5,5
29/3	5,4	7,1	6,0	4,2	8,7	7,5	9,0	6,1	7,5	2,9	11,9	7,3	9,4	7,7	4,9	3,9	9,8	9,4	2,7	4,9	2,1	7,0
30/3	6,4	8,3	2,2	5,6	10,2	10,4	10,5	10,6	7,5	4,9	13,9	6,8	9,2	7,4	5,4	4,2	8,1	8,1	3,7	6,7	4,9	6,0
31/3	5,9	9,4	1,6	6,6	6,2	11,3	9,2	9,1	9,0	4,4	9,3	8,3	6,8	7,1	7,8	2,2	8,9	7,9	6,0	7,1	7,0	5,7
1/4	5,0	10,8	-0,2	7,9	5,8	9,4	9,3	7,2	8,6	4,4	4,9	11,0	5,7	7,2	7,5	6,4	7,5	5,8	5,3	6,9	7,5	6,7
2/4	2,4	9,3	0,7	9,2	7,7	9,0	9,6	4,4	8,5	3,9	4,8	9,4	3,2	7,7	6,4	6,9	9,0	3,2	7,3	2,5	7,8	7,1
3/4	2,6	6,1	3,4	10,2	8,4	9,6	8,9	6,3	9,8	4,3	8,1	10,3	5,5	7,0	4,4	7,4	6,2	2,4	10,8	1,8	5,0	6,8
4/4	2,7	2,3	5,0	5,6	7,3	10,9	9,4	4,5	8,7	5,0	8,4	10,0	5,5	9,1	5,3	5,9	4,2	4,0	10,1	2,2	7,3	8,7
5/4	2,7	0,9	5,6	5,3	7,6	8,5	9,4	3,7	9,2	5,3	9,3	8,8	5,6	9,6	4,9	6,5	7,1	4,8	10,3	2,3	5,1	4,7
6/4	4,3	-0,5	6,7	7,2	7,9	7,1	11,3	1,6	10,2	4,4	8,6	9,4	6,5	10,4	6,3	7,1	3,0	5,2	10,5	-1,2	4,3	4,7
7/4	5,1	-2,2	8,9	5,9	7,6	7,3	9,5	0,9	10,2	5,3	10,5	11,5	5,1	10,8	8,5	7,9	1,6	8,0	3,4	-2,2	5,7	5,1
8/4	12,3	0,3	7,5	6,8	7,5	7,2	10,2	3,6	12,6	3,7	2,3	15,7	6,1	10,7	5,6	9,4	2,9	9,3	2,2	-1,8	5,1	4,5
9/4	1,4	2,2	7,0	9,3	7,8	8,7	8,3	4,8	8,5	3,8	0,2	16,4	6,3	9,6	5,7	9,5	7,1	7,2	4,6	1,3	2,3	7,6
10/4	0,1	6,3	9,2	7,5	8,3	10,4	8,6	8,6	7,1	6,7	2,0	12,3	8,7	6,9	7,5	10,1	7,7	4,5	3,6	2,3	2,3	6,9
11/4	3,9	6,9	11,8	7,7	7,0	10,1	9,2	8,7	8,1	8,0	4,9	9,7	2,6	8,8	10,3	10,9	4,3	4,2	4,0	0,5	4,2	5,7
12/4	7,3	7,3	11,8	6,3	8,9	8,9	11,0	9,3	8,0	11,1	4,8	9,1	2,7	9,1	8,3	10,7	4,8	5,0	4,4	5,6	5,0	6,3
13/4	5,7	1,7	12,1	4,5	8,0	12,5	11,2	9,8	8,3	10,8	6,4	5,3	4,1	9,4	6,7	9,7	5,2	5,6	4,1	5,1	6,9	3,8
14/4	6,2	0,2	5,4	4,3	7,8	10,9	10,2	11,6	8,3	8,3	6,8	5,2	5,4	10,0	6,0	9,8	9,3	7,9	5,6	7,4	8,1	-0,8
15/4	8,0	0,6	3,5	5,6	11,0	10,2	10,6	10,7	6,4	10,3	6,4	4,1	3,9	11,3	5,1	11,6	9,3	8,7	6,2	7,0	8,3	1,1

Temperatura critica minima fioritura

A partire dai primi giorni di giugno, ritenuto il periodo in cui mediamente si verifica la fase di fioritura, è necessario che le temperature non si abbassino sotto 8-10°C, per permettere una corretta germinazione del polline e dello sviluppo del tubetto pollinico (13).

Nel mese di giugno le temperature per il Terreno SC1 scendono molto raramente sotto 8°C (temperatura minima critica in fioritura), inoltre le volte in cui si

è verificato sono concentrate nei primi anni del secolo (dal 2009 le temperature non sono mai scese sotto i 10°C in giugno) (TABELLA 9).

Tabella 9 - Database delle temperature minime per il Terreno SC1. Nei riquadri rosa la fase di fioritura. In rosso le temperature inferiori a 8°C, in blu le temperature comprese tra 8 e 10°C.

	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
1/6	15,3	10,0	11,4	12,5	15,3	16,9	13,4	13,7	10,5	11,6	17,0	14,0	10,1	11,2	14,5	11,4	7,5	14,1	13,4	16,2	15,4	15,4
2/6	16,2	11,6	13,9	15,6	15,6	16,8	12,7	15,3	11,4	12,9	16,6	14,2	14,7	12,0	15,8	10,8	5,9	12,7	12,9	15,1	16,9	10,9
3/6	17,1	14,1	13,1	16,7	18,1	17,0	12,9	16,6	12,0	11,6	17,5	15,0	11,8	14,4	15,0	12,2	9,1	13,8	11,5	14,6	14,6	7,1
4/6	16,7	15,7	13,6	18,8	16,6	18,6	15,1	18,5	11,3	10,8	13,8	14,8	14,0	16,0	13,6	14,6	11,9	15,7	12,5	16,0	15,5	6,9
5/6	18,0	17,7	12,7	18,1	15,4	16,5	14,0	19,2	15,4	11,7	12,7	12,6	15,8	14,8	13,6	14,6	10,6	15,1	13,5	17,4	13,9	13,4
6/6	16,8	15,2	13,5	17,1	16,2	16,3	14,1	18,1	13,5	12,2	15,3	12,5	15,0	16,5	13,1	15,4	9,7	13,2	11,2	19,1	11,3	12,5
7/6	15,2	14,5	13,4	15,8	15,5	15,0	16,5	18,6	16,6	13,3	14,6	13,8	17,0	15,5	12,9	14,8	9,0	10,0	13,3	19,4	12,8	13,8
8/6	14,2	14,4	11,6	15,6	14,4	12,9	16,1	17,9	18,8	14,8	16,9	13,2	17,5	14,1	13,6	14,4	11,5	9,1	15,7	18,5	12,2	14,5
9/6	14,3	15,0	10,3	16,0	16,2	13,2	14,2	17,5	18,5	13,8	16,4	13,9	16,2	16,2	14,0	17,0	11,8	8,6	18,8	20,0	11,6	15,6
10/6	15,0	15,9	10,7	17,5	16,3	16,8	14,0	16,3	18,0	11,2	14,3	13,8	18,0	15,6	15,3	17,4	12,5	7,8	20,8	21,0	12,6	17,4
11/6	14,7	15,3	11,1	19,2	18,0	16,4	15,4	17,2	18,8	13,6	14,6	13,5	18,1	16,0	14,8	17,9	13,3	11,6	20,4	21,0	15,0	12,8
12/6	16,4	14,3	11,0	17,5	18,2	17,0	14,1	16,9	19,4	14,4	15,2	13,7	19,2	14,3	13,0	16,0	12,0	14,1	16,9	21,2	13,9	11,0
13/6	18,2	18,8	11,5	14,8	16,2	20,5	13,4	17,9	18,8	15,0	13,8	15,2	17,4	17,1	12,4	16,2	13,2	13,6	11,7	23,4	16,4	11,9
14/6	16,1	16,6	11,0	18,0	14,2	18,8	15,3	16,5	15,2	15,9	12,4	14,5	16,1	19,4	9,6	16,6	16,2	13,5	12,4	20,7	18,5	15,7
15/6	17,1	14,7	13,7	18,6	15,1	18,4	13,3	17,0	14,2	18,3	13,8	16,3	15,9	18,4	9,0	18,4	17,5	14,0	13,3	22,6	21,1	17,1
16/6	17,9	17,3	14,2	17,9	14,3	19,1	16,3	15,3	13,0	19,3	15,0	17,0	15,7	19,6	13,1	17,3	17,7	15,5	15,6	19,0	20,7	18,3
17/6	19,2	18,2	14,4	17,0	16,6	19,2	14,5	13,9	12,4	18,3	17,7	17,1	13,6	15,2	13,7	17,7	19,0	16,3	14,5	16,4	18,6	12,9
18/6	17,8	18,6	12,5	17,0	17,8	16,4	13,7	12,7	12,6	20,6	18,2	17,7	13,1	14,5	13,4	17,4	17,7	17,4	16,5	18,3	19,4	12,1
19/6	16,9	19,4	12,3	18,2	15,8	14,6	12,1	14,6	13,1	20,1	20,2	14,6	12,6	17,9	15,7	18,2	21,0	18,9	18,7	18,0	22,1	15,5
20/6	19,2	19,2	11,2	18,7	17,6	18,5	14,2	13,5	17,0	21,6	21,2	12,9	10,6	13,9	18,1	19,7	20,0	17,4	15,0	19,0	19,7	14,1

Temperatura critica massima

Oltre alle temperature minime, un altro parametro da controllare è quello relativo alle massime.

Temperature stabilmente superiori a 35°C arrestano la crescita dei germogli e sono fortemente limitanti per molti processi metabolici, come l'attività fotosintetica e portano la pianta a stress termici, accentuati da eventuali carenze idriche (3) (13). Il quantitativo di metaboliti secondari (antociani, tannini, flavonoli ed aromi) è massimo quando la temperatura è tra 20-25°C, poi decresce quando la bacca si trova a 30-35°, a causa della maggiore degradazione ossidativa (3).

Per quanto riguarda le temperature massime, che possono indurre situazioni di stress alla pianta quando superiori a 35°C, la valutazione si è concentrata sui 60 giorni compresi tra il 15 giugno e il 15 agosto (TABELLA 10).

Come si può evincere dalla tabella sottostante, le temperature possono raggiungere con frequenza i 35°C e in certe annate particolarmente calde possono anche protrarsi per diversi giorni consecutivi (2003, 2007, 2013, 2015, 2017, 2022).

Tabella 10 - Temperature massime per il Terreno SC1. In blu temperature uguali o superiori a 35°C.

	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
15-6	30,0	28,5	23,7	29,7	24,8	29,1	24,0	27,3	19,4	30,0	28,0	27,4	21,7	32,0	19,6	26,0	29,2	23,8	24,4	32,6	32,1	27,9
16-6	32,7	29,3	23,2	29,0	26,6	31,3	26,2	27,1	17,3	30,5	29,9	29,3	25,9	32,6	22,0	26,7	27,3	27,6	26,9	31,2	32,5	27,4
17-6	30,9	30,8	22,7	28,1	29,1	30,4	23,8	20,8	22,6	31,9	31,2	27,2	22,3	23,3	24,7	27,1	28,7	28,4	24,7	30,0	32,2	23,9
18-6	30,0	30,7	25,2	29,7	28,1	26,9	23,1	24,4	23,5	32,8	32,9	25,8	24,8	29,4	23,8	29,3	29,7	30,8	28,7	29,6	32,6	23,9
19-6	31,4	31,6	26,3	30,9	28,9	29,6	19,1	26,3	26,0	33,2	33,7	26,1	22,1	31,4	27,1	29,9	28,8	29,2	27,2	29,3	32,3	26,6
20-6	32,7	32,5	26,3	30,8	29,1	32,2	24,5	23,9	28,3	32,7	34,2	26,6	13,5	21,5	29,0	30,4	30,1	28,3	24,8	34,3	32,8	25,9
21-6	33,0	32,1	26,7	30,5	30,8	33,2	27,2	24,2	26,6	28,9	32,6	29,6	17,2	21,9	29,5	31,5	30,1	30,7	25,0	32,7	32,9	29,2
22-6	29,7	32,6	29,4	25,7	24,2	34,5	28,6	25,5	29,6	28,6	32,5	31,3	24,1	22,9	31,1	29,0	32,0	31,8	26,2	32,8	33,4	28,3
23-6	29,6	30,8	29,6	28,0	23,4	34,8	30,1	27,5	29,6	28,6	31,3	30,8	24,8	22,6	31,9	29,5	31,5	33,3	27,1	33,3	34,1	28,1
24-6	31,1	32,5	29,6	30,1	25,2	34,3	31,8	22,5	29,7	21,7	30,5	26,7	25,9	25,6	31,9	29,8	30,8	32,3	28,0	34,9	33,7	29,9
25-6	32,0	30,3	28,2	31,5	21,5	30,2	32,8	24,3	23,9	26,0	32,5	26,5	26,8	28,1	32,0	32,0	30,5	33,1	29,1	34,3	26,2	30,1
26-6	32,3	30,5	29,8	32,9	24,4	30,3	31,0	27,1	22,8	21,7	29,2	29,6	28,2	26,3	32,6	26,5	32,2	32,4	27,0	33,4	26,2	29,5
27-6	34,0	32,1	30,6	37,2	26,5	29,1	27,4	28,4	26,4	22,7	31,0	29,4	28,5	23,2	32,4	25,2	32,2	33,1	31,7	28,9	29,1	30,8
28-6	26,9	32,5	31,3	33,8	26,6	27,5	28,1	27,7	28,3	17,2	33,2	31,0	29,2	28,7	28,6	26,6	31,9	34,5	32,2	28,4	27,0	24,5
29-6	30,5	33,5	30,6	30,1	29,2	26,2	30,0	28,7	26,3	22,2	34,4	31,4	29,6	29,5	30,5	28,7	27,9	33,9	28,7	26,6	24,8	26,4
30-6	33,2	28,5	30,6	32,5	32,7	24,7	30,8	28,3	26,3	27,1	35,0	27,8	30,5	29,5	30,6	27,6	31,3	30,5	29,1	30,6	23,6	29,9
1-7	33,3	29,9	30,9	34,6	29,6	26,7	30,2	30,9	27,0	28,4	36,9	26,0	30,8	29,9	28,5	31,3	29,9	26,3	30,6	30,4	28,4	28,0
2-7	33,0	30,0	29,9	32,5	28,6	26,6	31,7	31,9	27,2	29,5	35,0	22,9	31,1	28,8	29,0	27,5	27,9	28,7	30,5	27,4	28,4	27,8
3-7	34,8	32,0	26,2	31,8	30,2	30,7	30,1	32,2	27,9	29,5	31,6	27,2	31,9	30,8	30,4	27,8	27,8	29,3	26,3	27,3	29,6	28,1
4-7	33,6	24,9	25,6	29,2	31,2	30,5	28,1	32,8	25,9	28,1	32,5	27,6	30,8	31,4	30,6	27,7	28,0	30,6	29,1	25,4	29,7	25,4
5-7	32,3	30,5	28,6	32,4	29,2	32,0	30,8	33,4	28,0	30,1	31,1	25,1	30,3	28,5	30,4	26,3	28,4	25,4	31,9	27,9	26,2	29,2
6-7	29,9	32,9	31,5	33,1	27,3	34,2	30,3	34,8	29,8	29,7	29,3	30,4	30,4	26,2	31,2	30,3	28,4	26,4	31,8	29,3	27,3	29,8
7-7	31,1	35,6	23,3	31,6	29,7	35,1	30,8	34,9	31,1	27,9	30,0	31,2	28,6	28,5	29,4	31,5	23,7	25,9	30,5	30,7	26,4	29,0
8-7	28,2	34,5	26,5	30,9	29,6	34,6	29,9	33,8	25,6	28,3	34,9	31,6	28,9	26,8	28,6	31,8	26,6	22,5	32,7	30,8	29,2	28,4
9-7	28,3	30,0	29,3	28,2	29,6	33,9	32,4	27,0	24,9	29,8	33,3	30,4	30,5	26,2	27,7	31,5	30,0	21,6	28,7	30,8	30,6	28,2
10-7	30,9	31,0	31,9	24,0	29,6	33,0	33,4	27,7	22,1	29,7	33,9	33,1	31,1	24,6	30,0	25,7	30,8	22,5	26,8	30,4	31,9	25,5
11-7	30,3	31,1	30,4	26,2	22,6	32,7	33,7	31,2	26,1	28,4	33,5	31,5	32,6	24,7	31,2	24,2	31,6	25,9	24,2	32,1	30,0	28,9
12-7	28,4	32,8	25,0	28,5	27,4	31,0	34,1	31,6	25,9	29,3	32,6	32,8	31,9	27,8	31,7	27,7	31,7	28,5	19,5	32,0	30,9	26,3
13-7	31,5	29,5	24,4	27,5	29,4	31,2	30,1	32,3	24,6	27,3	32,0	34,0	32,7	29,8	29,9	29,8	30,9	27,3	25,6	33,5	30,0	28,6
14-7	34,1	25,6	25,0	27,4	31,3	27,1	27,0	32,6	23,9	28,1	33,0	31,5	33,9	30,6	23,7	31,6	31,5	30,8	25,9	24,4	19,8	30,0
15-7	36,4	26,7	25,1	19,5	29,5	28,5	23,4	33,2	28,0	30,8	31,0	30,0	34,4	30,6	27,2	33,1	30,4	32,9	28,8	30,3	19,9	32,6
16-7	33,4	24,4	27,3	26,3	28,1	26,2	26,8	34,5	30,7	29,4	27,8	29,5	34,2	32,4	30,3	36,4	27,1	32,5	29,2	34,1	22,2	27,7
17-7	31,9	24,9	25,7	30,0	29,9	28,5	30,0	35,5	31,4	29,2	29,7	29,5	33,7	34,0	29,3	34,9	28,1	33,1	30,9	33,9	25,6	25,7
18-7	32,3	30,1	25,6	24,5	31,4	31,4	32,3	35,0	31,5	29,7	32,7	27,7	27,6	24,8	23,6	35,6	29,1	31,9	31,2	31,9	27,2	25,8
19-7	33,8	31,4	27,9	29,6	32,0	33,0	32,6	35,9	33,2	30,1	35,2	27,1	28,3	27,9	28,4	35,7	31,8	29,5	30,2	32,0	23,9	28,0
20-7	34,9	32,4	31,0	31,4	31,7	31,6	32,7	34,7	31,9	30,1	35,3	26,1	29,5	29,2	30,1	36,9	34,7	30,6	32,5	33,0	28,4	20,5
21-7	35,7	32,1	31,6	32,3	27,4	33,7	33,4	34,8	23,4	30,3	28,5	27,1	32,5	30,7	26,5	35,5	34,7	30,4	31,9	35,5	28,9	26,5
22-7	37,1	31,9	31,2	31,2	26,9	32,6	32,8	36,0	25,5	31,4	25,1	28,1	34,5	33,3	23,5	32,6	34,9	27,8	33,4	33,5	29,1	28,2
23-7	37,2	32,5	29,6	32,8	28,7	33,5	27,0	35,0	28,1	33,4	23,6	24,4	33,1	35,9	26,0	34,7	34,1	26,6	33,2	33,2	28,3	30,0
24-7	34,4	33,7	23,7	34,7	31,2	31,3	29,4	31,8	22,3	31,1	26,8	20,3	27,5	34,3	28,8	30,7	33,0	28,4	31,1	24,9	27,9	28,7
25-7	35,4	32,5	29,2	35,1	31,4	28,4	30,8	31,5	27,8	33,6	30,8	24,0	27,6	29,2	30,2	30,3	33,4	31,4	26,0	30,3	25,5	26,7
26-7	34,0	30,9	30,7	35,0	31,4	28,9	30,5	29,3	22,8	34,2	32,0	25,3	25,7	29,1	30,7	31,2	33,7	31,4	27,2	33,4	24,2	30,1
27-7	31,0	32,8	30,3	29,7	31,2	30,7	30,6	31,9	24,7	35,2	34,9	22,6	25,9	30,8	28,0	34,3	32,6	31,7	25,0	35,1	23,9	30,8
28-7	32,2	32,2	33,2	22,2	32,2	32,7	29,5	33,2	30,0	36,9	36,8	26,0	29,8	31,2	30,9	34,1	33,9	33,2	25,7	32,3	26,7	28,8
29-7	32,1	31,7	33,3	30,5	31,0	32,1	31,9	33,4	25,6	29,8	34,3	27,2	22,2	31,4	31,7	31,8	29,3	34,0	28,0	28,6	28,2	29,9
30-7	30,3	30,3	33,7	31,9	32,7	31,7	33,4	29,7	20,1	30,0	32,7	28,7	23,6	32,9	32,3	32,2	32,4	35,3	29,1	29,4	28,2	30,5
31-7	32,8	35,0	33,8	29,8	33,9	33,3	31,2	24,1	27,9	30,7	31,2	27,7	26,1	31,5	30,6	24,9	33,9	32,3	30,6	26,5	28,1	31,2
1-8	35,5	29,2	34,3	31,6	34,4	36,4	28,2	27,1	29,2	32,0	32,7	29,1	29,5	32,3	32,6	27,1	31,4	31,2	31,6	27,3	27,8	32,6
2-8	31,4	28,5	29,8	31,1	29,9	37,6	29,5	27,5	28,6	33,9	34,4	30,9	30,4	34,3	30,9	30,1	26,2	28,9	31,0	31,0	27,7	33,3
3-8	33,5	29,8	23,6	28,9	30,8	38,1	31,8	30,6	28,3	37,0	33,4	29,6	29,3	27,6	32,0	26,5	26,2	26,6	31,3	32,4	27,7	33,2
4-8	35,6	27,4	21,1	29,8	31,9	39,2	32,7	32,7	27,8	36,1	34,1	30,1	27,0	27,2	34,7	28,5	24,4	27,9	27,5	34,8	29,2	31,9
5-8	35,9	29,2	22,9	31,6	33,2	36,4	27,3	33,0	26,5	38,8	34,6	30,6	19,4	30,1	32,5	28,3	26,7	26,8	28,0	37,0	30,2	30,3
6-8	35,6	31,0	26,0	31,0	33,8	35,2	25,7	33,8	28,8	35,0	34,3	29,5	24,3	30,9	31,2	29,9	29,0	27,2	27,8	36,7	24,5	26,1
7-8	27,0	32,9	28,3	31,1	32,4	29,3	27,6	34,3	29,3	37,6	33,3	31,4	26,7	31,2	29,3	32,1	29,9	20,0	30,0	34,7	27,5	29,4
8-8	29,9	32,7	30,5	29,6	31,4	32,3	28,5	34,1	30,0	33,4	32,5	30,9	28,7	30,4	33,8	27,6	28,6	24,9	28,2	34,2	27,7	30,4
9-8	29,9	32,6	31,6	31,9	33,0	35,1	32,0	34,3	30,2	29,5	32,2	25,1	28,3	29,6	28,5	21,5	27,1	26,9	26,6	34,8	21,7	31,2
10-8	30,4	31,6	33,1	33,8	32,1	29,7	22,5	24,1	31,6	28,5	30,7	26,6	29,0	28,5	29,5	25,0	26,2	26,2	29,0	36,2	18,6	29,1

Precipitazioni

Il primo dato ricercato è relativo alla piovosità annuale, cioè ai millimetri di pioggia caduta ogni anno dal 2001 al 2022:

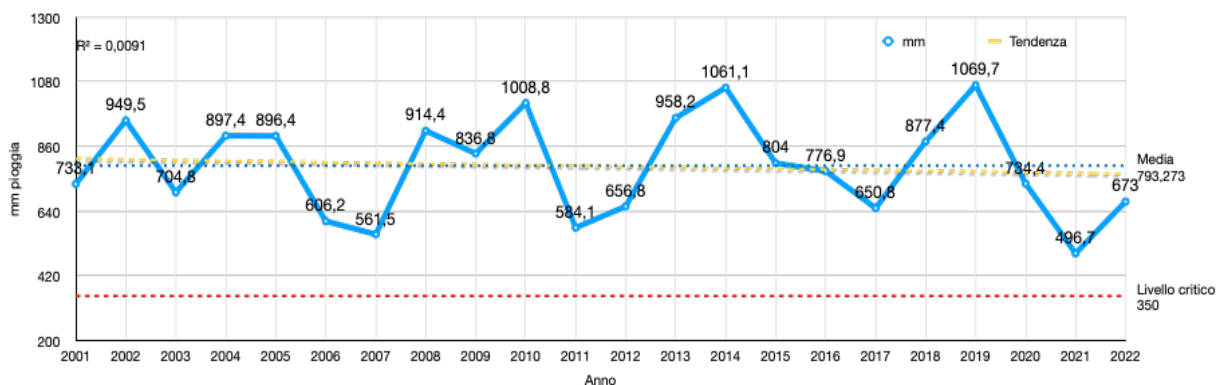


Figura 10 – Precipitazione cumulata annuale (in mm) che ha interessato il Terreno SC1, dal 2001 al 2022.

La media delle precipitazioni annuali, nell'intervallo di riferimento, è di 793 mm, quantitativo ritenuto più che sufficiente per le necessità della vite.

Tenendo in considerazione solamente il dato delle precipitazioni annuali, anche le annate più secche non hanno raggiunto i livelli considerati critici per *Vitis vinifera*; infatti, il 2021 è stato l'anno con meno precipitazioni e ha raggiunto i 496 mm di pioggia (FIGURA 10).

La tendenza mostrata negli ultimi 22 anni è solo lievemente in calo, in linea con i report di Brunetti et al. (2006) sull'andamento delle precipitazioni negli ultimi vent'anni in Italia (15).

Per valutare l'apporto d'acqua alla pianta, è ancora più importante la distribuzione delle precipitazioni nell'arco dell'anno, in quanto mostra eventuali deficit invernali e primaverili o eccessi nel periodo estivo pre-vendemmia.

Il secondo grafico mostra quindi la distribuzione mensile delle piogge in tre diversi periodi di riferimento:

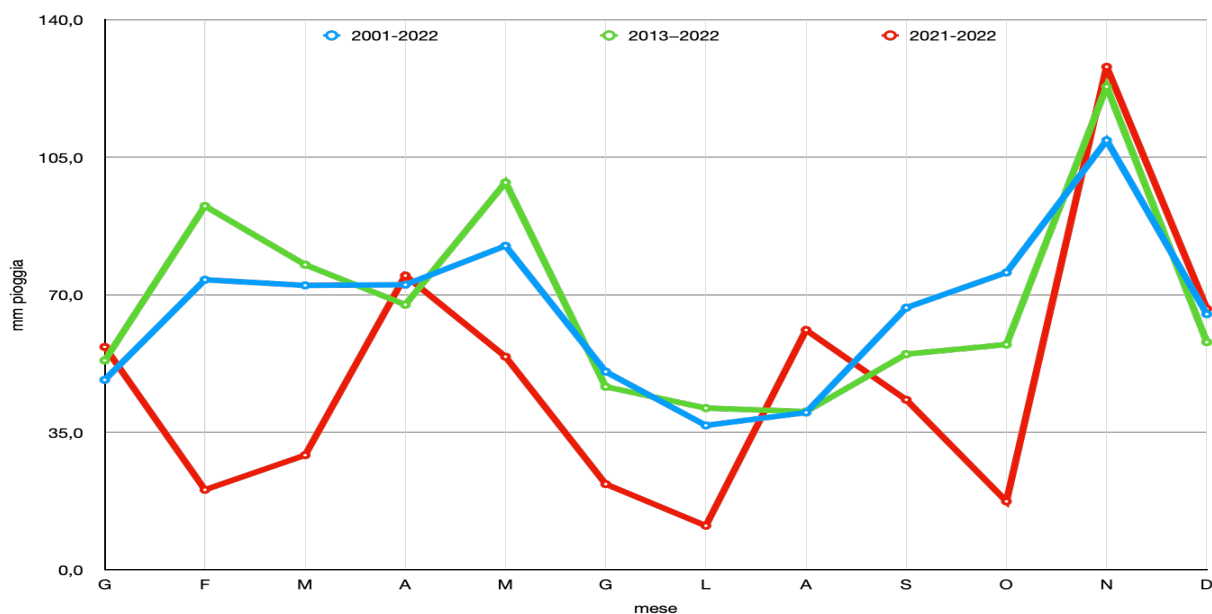


Figura 11 - Distribuzione delle precipitazioni nell'arco dell'anno nel Terreno SC1.

È stata analizzata la distribuzione mensile delle precipitazioni negli ultimi 22 anni (linea blu), negli ultimi 10 anni (linea verde) e negli ultimi 2 anni (linea rossa). Nei primi due casi la distribuzione è simile, con livelli più bassi in estate, valori massimi in autunno (ottobre e soprattutto novembre) e lievemente minori in primavera.

Diversa la situazione che si è verificata nelle annate 2021 e 2022, dove le precipitazioni sono state costantemente sotto la media e i mesi di febbraio, luglio e ottobre hanno presentato eccessivi picchi di siccità (FIGURA 11).

Climogramma di Bagnouls e Gaussen

Quando il diagramma delle precipitazioni scende al di sotto del diagramma delle temperature, si considera periodo arido, viceversa è definito periodo umido.

I risultati che si ottengono da questi diagrammi derivano dai soli dati di temperatura e piovosità, vanno quindi considerati come puramente indicativi, in quanto non tengono in considerazione il serbatoio idrico presente nel terreno.

Altri parametri da considerare sono: le caratteristiche del suolo, la profondità di esplorazione radicale, la presenza di falde alte, suole di lavorazione, presenza di rocce, età del vigneto (3).

I climogrammi per il Terreno SC1 (2001-2022 e 2013-2022) mostrano un 'periodo arido' non eccessivamente accentuato per i mesi estivi di luglio e agosto, mentre nel resto dell'anno un evidente 'periodo umido', in particolare in autunno e primavera, con la linea delle precipitazioni nettamente più alta rispetto a quella delle temperature (FIGURA 12) (FIGURA 13).

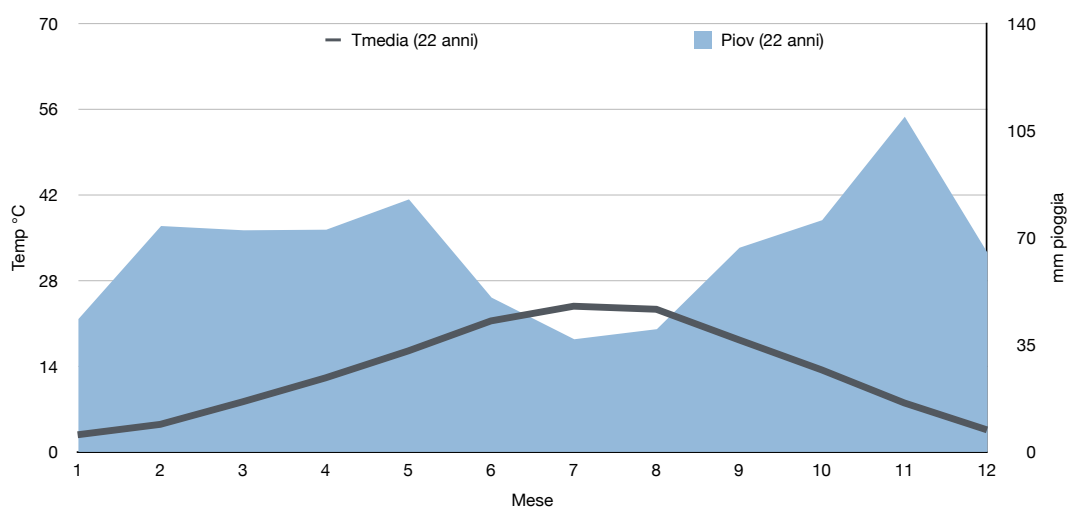


Figura 12 - Climogramma del Terreno SC1, 2001-2022.

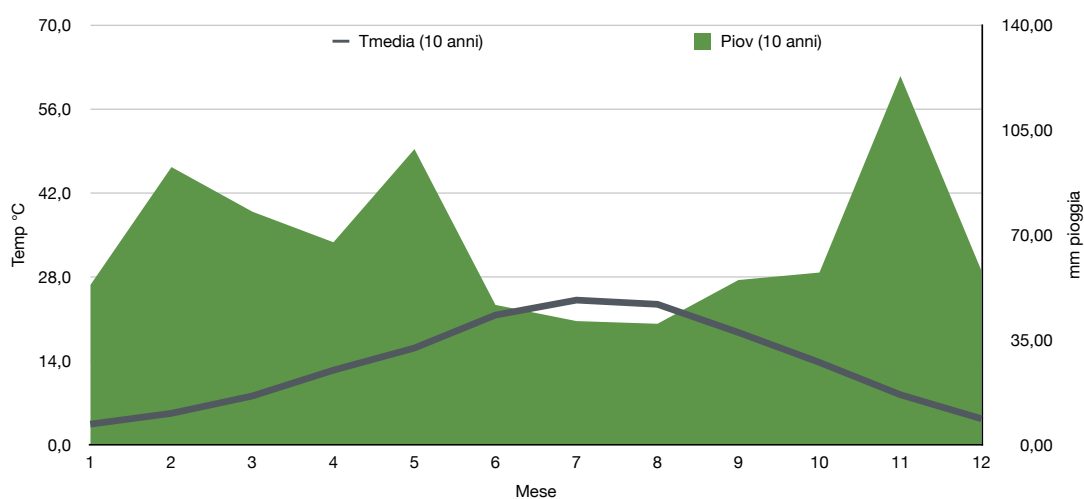


Figura 13 - Climogramma del Terreno SC1, 2013-2022.

L'anomalia dei dati degli ultimi due anni (2021-2022) si può evidenziare ancora una volta, disegnando il climogramma relativo alla media di queste due annate:

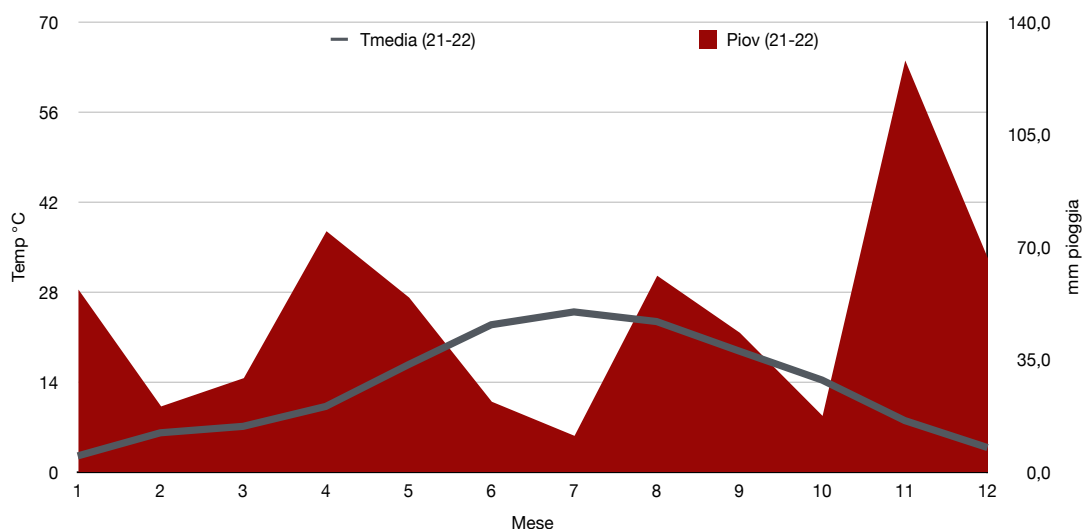


Figura 14 - Climogramma del Terreno SC1, 2021-2022.

Rispetto ai due grafici precedenti, nei mesi centrali l'ampiezza della distanza tra temperature e piovosità è molto più accentuata (periodo arido) (FIGURA 14). Inoltre, nel mese di ottobre, generalmente molto piovoso, c'è stato un secondo 'periodo arido', causato da piovosità molto bassa e temperature superiori alla media.

Proiezioni climatiche

Dopo aver ricavato le temperature medie del Terreno SC1 nel periodo 1961-1990 (TABELLA 11), le proiezioni per il trentennio 2021-2050 hanno permesso di calcolare l'indice di Winkler futuro: 2078 GG.

L'incremento rispetto al periodo 2001-2022 (1831 GG) è notevole, pari al 13,5%; il valore medio della proiezione è superiore al dato più alto degli ultimi 22 anni (annata 2022, 2065 GG).

Se i prossimi anni confermeranno queste proiezioni, il Terreno SC1 passerà, secondo la suddivisione in gradi giorno, da Regione III a Regione IV (TABELLA 1).

Tabella 11 - Proiezione delle temperature medie stimate per il Terreno SC1, a partire dai dati della centralina di Monzuno.

	Giorni	Tmedia Monzuno (590m slm) 1961-1990	Tmedia San Chierlo (450m slm) 1961-1990	Proiezione Tmedia San Chierlo 2021-2050
gennaio	31	2,7	3,6	4,1
febbraio	28	3,7	4,6	5,2
marzo	31	6,6	7,5	8,5
aprile	30	10,2	11,1	12,7
maggio	31	14,6	15,5	17,7
giugno	30	18,4	19,3	22,0
luglio	31	21,2	22,1	25,3
agosto	31	20,7	21,6	24,7
settembre	30	17,0	17,9	20,4
ottobre	31	12,3	13,2	15,1
novembre	30	7,2	8,1	9,2
dicembre	31	3,9	4,8	5,4

Le proiezioni Arpae indicano un calo delle precipitazioni del 9% nei prossimi 30 anni (riferito al periodo 1961-1990). Le precipitazioni medie annue a Monte San Pietro, nel periodo di riferimento, sono pari a 840 mm/anno.

Il dato conferma ancora una volta quanto rilevato da Brunetti et al. (2006), infatti il calo rispetto agli ultimi 20 anni è pari al 5% circa, in linea con lo studio citato (da 840 mm a 793 mm calcolati per il periodo 2001-2022 nel capitolo di questa tesi) (15).

La proiezione calcolata mostra una media di precipitazioni annue pari a 764 mm, dato di per sé non particolarmente preoccupante, se non fosse che la distribuzione anomala degli eventi piovosi negli ultimi anni potrebbe creare maggiori problemi rispetto alla quantità di piogge annuali.

Radiazione solare

La quantità di radiazione solare intercettata dal vigneto è influenzata da pendenza ed esposizione del terreno, oltre che dalla disposizione dei filari.

Il Terreno SC1 presenta esposizione variabile tra est e nord (FIGURA 7) e una pendenza media vicina al 27% (FIGURA 6); si presuppone quindi una forte diminuzione della radiazione luminosa rispetto a terreni non in pendenza e con esposizioni rivolte ad ovest o a sud (13).

ANALISI DEL SUOLO

I risultati dell'analisi completa del suolo indicano che il Terreno SC1 è argilloso-limoso, con un pH abbastanza elevato (8.1) e alta capacità di scambio cationico, mostrando risultati in linea con la maggior parte dei terreni della zona. È un terreno calcareo, abbastanza ricco di calcare attivo e discretamente dotato di sostanza organica, nonché di azoto; il rapporto carbonio/azoto mostra carenza relativa di composti carboniosi. L'analisi ha rilevato che la dotazione in fosforo assimilabile è molto scarsa, minore del limite di quantificazione del laboratorio ($P < 3 \text{ mg/kg}$).

Per quel che riguarda i cationi è ricco di rame, manganese e ferro, calcio e potassio, mentre è più povero di zinco e magnesio (TABELLA 12).

Proprio il rapporto tra potassio e magnesio, nonché le loro quantità relative, sono uno degli aspetti da tenere in considerazione per la scelta del portinnesto ed in fase di concimazione preimpianto, per evitare eccessiva competizione dello ione K^+ e rischio di carenza di Mg^{2+} . Inoltre, l'eccesso di potassio provoca diminuzione della concentrazione degli acidi organici liberi e del rapporto acido tartarico/acido malico, oltre ad aumento del pH e aumento della precipitazione del tartrato sotto forma di sale durante la vinificazione (25).

Per quel che riguarda il fosforo, è probabilmente da valutare con attenzione un'ipotetica concimazione massiccia, per evitare una maggiore carenza di zinco, spesso indotta da elevati apporti di concimi fosfatici; al contrario

potrebbe risultare benefica l'adozione di strategie che portino ad aumento della sostanza organica o la scelta di portinnesti capaci di mobilitare verso la pianta maggiori quantità di fosforo (24).

Tabella 12 - Risultati dell'analisi del suolo Terreno SC1.

Analisi chimiche varie		
• Calcare totale	% p/p (su s.s.)	10.0
• Calcare attivo	% p/p (su s.s.)	9.7
• Carbonio organico	% p/p (su s.s.)	1.33
• Sostanza organica	% p/p (su s.s.)	2.29
• Azoto totale (Kjeldhal)	% p/p (su s.s.)	0.17
• Fosforo assimilabile (P)	mg/kg (su s.s.)	N.D.
• Boro solubile	mg/kg (su s.s.)	0.23
• Rapporto carbonio/azoto		7.9
Analisi strumentali varie		
• Scheletro	% p/p (su s.s.)	1.5
• Tessitura		Argilloso-Limoso
• Sabbia	% p/p (su s.s.)	19.1
• Limo	% p/p (su s.s.)	43.4
• Argilla	% p/p (su s.s.)	37.5
• pH (H ₂ O)		8.1
• CSC	Meq/100gr	26.9
Cationi		
• Rame assimilabile	mg/kg (su s.s.)	7.4
• Zinco assimilabile	mg/kg (su s.s.)	0.8
• Manganese assimilabile	mg/kg (su s.s.)	6.7
• Ferro assimilabile	mg/kg (su s.s.)	36.0
• Calcio ossido (CaO) scambiabile	mg/kg (su s.s.)	7054
• Calcio scambiabile	mg/kg (su s.s.)	5042
• Magnesio ossido scambiabile	mg/kg (su s.s.)	196
• Magnesio scambiabile	mg/kg (su s.s.)	118
• Potassio ossido scambiabile	mg/kg (su s.s.)	309
• Potassio scambiabile	mg/kg (su s.s.)	256
• Sodio scambiabile	mg/kg (su s.s.)	13
• Rapporto Magnesio/Potassio		1.5
• Rapporto Calcio/Magnesio		25.9
• Rapporto Calcio/Potassio		38.4

In linea generale, l'aumento della sostanza organica comporta numerosi benefici: aiuta a riequilibrare il rapporto C/N, migliora la struttura del terreno (aumentandone la porosità, l'aerazione e l'infiltrazione d'acqua nel terreno, riducendone i ristagni e il rischio di asfissia), riduce l'erosione del suolo, intensifica l'attività dei microrganismi nel suolo (compresi i funghi micorrizici in grado di incrementare la disponibilità di nutrienti per la pianta), oltre ai citati contributi nella nutrizione delle piante.

ANALISI STORICA

Alcune considerazioni sui risultati ottenuti dal precedente progetto vitivinicolo, sulla base dei dati a disposizione, aiuteranno ad implementare l'analisi e ad ampliare le valutazioni sulle potenzialità del terreno anche in relazione ai cambiamenti climatici degli ultimi cinquant'anni.

La famiglia Mignani, attraverso l'Azienda Agricola Fratelli Mignani, impiantò nel 1974 un vigneto (FIGURA 3) con lo scopo di vendere successivamente le uve al Consorzio Vini Tipici Castelli Medievali di Bologna. Lo stesso Consorzio, predecessore dell'attuale Consorzio Vini Colli Bolognesi, partecipò al progetto, suggerendo i vitigni più indicati, le caratteristiche dell'impianto (sistema di allevamento e densità delle piante) e finanziando l'acquisto delle barbatelle.

I vitigni scelti furono Pinot bianco (800 barbatelle) e Barbera (400 barbatelle), per un totale di 1.200 piante per ettaro, il portinnesto il Kober 5BB e la forma d'allevamento il Sylvoz unilaterale, con distanze di 4 metri tra le file e 2,50 metri tra le piante sulla fila. (FIGURA 16) (FIGURA 15).

Il progetto si interruppe pochi anni dopo l'impianto, a causa dello scarso ritorno economico che stava garantendo l'investimento.

vivai cooperativi Rauscedo (Pordenone)
 Società per la produzione di viti licenziata e specializzata aderente al Consorzio per la Viticoltura e l'Enologia di Udine e al Gruppo del Marchio
 Telefono: 90011 - 90058 Rauscedo
 Telegrammi: Vivai Cooperativi S. Giorgio Richiavento
 Stazione Ferroviaria: Valtanone
 470 P.zza s. 24/15550 Udine
 Aut. Prefettoria n. 33709 - III
 C. C. I. A. A. 620
 Cod. Fisc. 33909
 M. 930353
 Iscrizione Tribunale n. 740 Reg. Soc.

FATTURA PROV. N. 70
 MODALITÀ DI PAGAMENTO
 AGENTE *Vocchi e Mattioli*
 DATA CONSEGNA
 CLIENTE ASSOCIATO AL

SPETT.LE DITTA *Mignani Lorenzo*
Via C. Matteotti 2 - M. San Pietro
Costello Medisana (C)
 cod. post. ()

Riceviamo alle Vs. condizioni generali di vendita i prodotti sottosegnati:

Cod.	VARIETÀ	Forma innesto	Quantità	Prezzo	IMPORTO
	<i>Pinot B Barbera</i>		<i>588 Pos</i>	<i>200</i>	
Totale					
Firma del Cliente <i>Lorenzo Mignani</i>					
IVATA 6% su L. L.					
TOTALE FATTURA PROV.					

CONDIZIONI DI VENDITA - 1) La merce viaggia a rischio e pericolo del Committente. - 2) I reclami sulla merce saranno ricevuti solo se presentati entro otto giorni dal ricevimento di essa. - 3) L'attaccamento delle piante non viene mai garantito, dipendendo da fattori da noi non controllabili. - 4) I pagamenti, se non specificati nell'apposita voce, si intendono sempre per contanti. Non sono ammessi sconti o arrotondamenti. - 5) I prezzi sono sulla commissione di intendenza sempre al netto da imposte. In particolare modo, l'I.V.A. è sempre inclusa nel prezzo. - 6) In caso di pagamenti dilazionati e rateali, il mancato pagamento anche di una sola rata comporta per il cliente la decadenza del termine (art. 1186 C.C.). - 7) Per qualunque controversia che dovesse insorgere, viene espressamente riconosciuta la competenza del Foro di Pordenone.

Firma del Cliente *Lorenzo Mignani* Data *17/11/73*

GARANZIE - L'autenticità dei nostri prodotti è garantita. Qualora però si constataste eventuali involontari errori, a richiesta provata e non oltre tre anni dalla fattura, si faranno obbligo di rimborsare l'importo della merce errata. L'accertamento tecnico deve seguire la modalità stabilita dall'art. 636 del C. P. C.

Firma dell'Agente

Figura 16 - Documento d'acquisto delle barbatelle Azienda Agricola Fratelli Mignani, 1973.

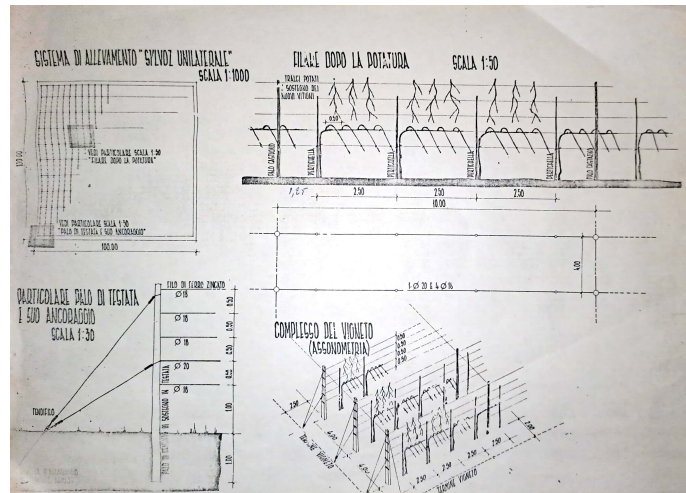


Figura 15 - Progetto del vigneto, 1973.

Purtroppo, gli elementi attualmente a disposizione non sono tanti, sembra che il Consorzio, a cui venivano vendute le uve, non fosse soddisfatto delle gradazioni zuccherine raggiunte dalle uve, in particolare il Pinot bianco veniva spesso scartato o sottopagato per questo motivo. Al contrario, migliori risultati li dava il Barbera. Non sono di-

sponibili dati o documenti scritti che quantifichino o confermino queste informazioni tramandate a voce.

Oggi è comunque possibile ipotizzare alcune delle cause che portarono alle difficoltà incontrate negli anni '70, durante la precedente esperienza viticola condotta nel terreno attiguo.

Gli obiettivi enologici sono in parte cambiati negli ultimi cinquant'anni: la ricerca esasperata di concentrazione zuccherina nelle uve non è più l'obiettivo prioritario, a favore di un maggior equilibrio tra acidi e zuccheri, in particolare per l'ottenimento di uve di qualità. La valorizzazione economica delle uve da vino è sempre stata fatta sulla base dei gradi Brix raggiunti a maturazione; ancora oggi l'uva da vino è spesso pagata calcolando il grado zuccherino, ma chi vuole produrre vini di qualità non può fermarsi a questo dato e deve considerare un'analisi più ampia e completa delle diverse componenti dell'acino.

Alla luce delle conoscenze attuali, e anche delle analisi svolte per questa tesi, è probabile che la scelta della forma di allevamento non fosse quella più adatta per i terreni della zona. Il Sylvoz è caratterizzato da un tronco abbastanza elevato (1,30-1,50 m) dal quale si sviluppa un cordone orizzontale che porta diversi capi a frutto lunghi (fino a 12 gemme ciascuno), arcuati verso il basso e legati ad un filo sottostante (FIGURA 15); la parte vegetativa si sviluppa invece verso l'alto. È un sistema che consente di lasciare elevati carichi di gemme per pianta; infatti, è particolarmente adatto a terreni fertili o molto fertili, con elevata disponibilità idrica, come quelli della pianura Padana dove ha trovato ampia diffusione (13). Terreni di collina, in pendenza, sono generalmente meno fertili e inadatti a sviluppi vegetativi così vigorosi, dove si preferisce invece ricorrere a sistemi di allevamento meno espansi, con minor carico di gemme per pianta e densità più elevate.

Infine, va tenuto in considerazione il mutamento del clima avvenuto negli ultimi 50 anni in Italia. Fino a pochi decenni fa era generalmente sconsigliata l'esposizione rivolta a nord per i terreni collinari, a causa della minor possibilità di accumulo zuccherino nell'uva e alle conseguenti difficoltà di maturazione. Anche l'altitudine del terreno era un fattore limitante e non era abituale trovare vigneti sopra 400-500 metri, nella provincia bolognese.

Oggi, il rapido incremento delle temperature, sta portando i viticoltori a riconsiderare queste opzioni in fase d'impianto del vigneto, per contenere la velocità

di maturazione delle uve grazie all'esposizione del vigneto e quando possibile spostando ad altezze superiori i vigneti.

PROGETTO D'IMPIANTO

Per perseguire l'obiettivo prefissato in questa tesi, va innanzitutto scelto un clone di Pinot nero adatto alla produzione di vini spumanti, in quanto le caratteristiche tra i diversi cloni disponibili sono molto variabili. In Champagne, ad esempio, sono ammessi alla coltivazione per vini spumanti solo i cloni 386, 521, 870 e 779 (26), dotati di buona produttività, acidità elevata e un profilo di antociani e tannini inferiore rispetto ad altri cloni adatti alla produzione di vini rossi fermi.

Le sommatorie termiche ricavate dall'analisi dei dati raccolti, indicano che il Terreno SC1 ha temperature costantemente più elevate rispetto a quanto indicato nelle tabelle di riferimento per la coltivazione del Pinot nero (TABELLA 4).

Il rischio di scegliere un vitigno così precoce nella maturazione potrebbe portare ad un eccessivo anticipo di vendemmia, vista anche la necessità di ottenere una base non troppo alcolica adatta alla produzione di spumante metodo classico; la maturità fenolica potrebbe non essere raggiunta e il vino potrebbe risultare di scarsa qualità.

Gli indici bioclimatici però, forniscono solo un'indicazione generale, che non tiene conto di tanti altri fattori, alcuni dei quali sono stati approfonditi in questa tesi.

La possibilità di impiantare il vigneto in un terreno esposto a est/nord-est permette di diminuire l'intensità della radiazione luminosa e quindi di ridurre la temperatura dell'aria intorno al vigneto e ritardare le diverse fasi fenologiche della vite, fattore che viene rafforzato anche dalla pendenza del versante (13).

La sistemazione dei filari dev'essere progettata in modo da garantire una buona illuminazione su entrambi i lati delle viti e per facilitare le lavorazioni meccaniche

in relazione alla pendenza del terreno. Per il Terreno SC1 risulterebbe complicato un orientamento secondo le linee di livello (sistemazione a girapoggio o in traverso), a causa delle forti pendenze presenti in alcune parti del terreno, che renderebbero molto complicati i passaggi delle macchine. Più adatta potrebbe essere una sistemazione a rittochino (lungo le linee di massima pendenza), che porterebbe quindi a orientare i filari in direzione nord-est/sud-ovest, con discreta uniformità luminosa in entrambi i lati del filare. Nei vigneti collinari a rittochino è molto importante cercare di limitare l'erosione del suolo ed i fenomeni di ruscellamento utilizzando coperture del suolo con inerbimento permanente, che facilitino l'infiltrazione dell'acqua nel terreno.

La scelta del portainnesto influenza diversi fattori, come la tolleranza verso i parassiti radicali, l'adattamento all'ambiente e l'epoca di maturazione della pianta (13). In questo caso l'uso di un portainnesto capace di ritardare la maturazione potrebbe ridurre il rischio di maturazione troppo precoce, paventata precedentemente. Altri parametri importanti da considerare nella scelta del portainnesto, sono la tolleranza al calcare attivo e la resistenza alla siccità, mentre la conformazione del Terreno SC1 in forte pendenza riduce la necessità di resistenza del portainnesto al ristagno idrico.

Diversi portainnesti hanno anche capacità differenti di assorbimento degli elementi minerali nel suolo (27) (FIGURA 17A, FIGURA 17B).

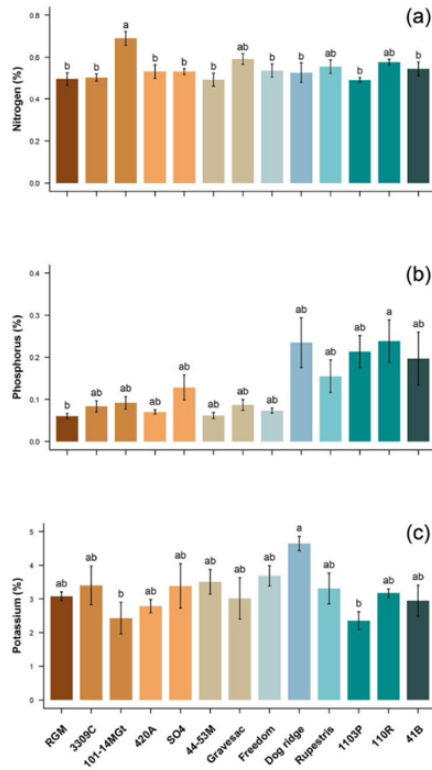


Figura 17A - Concentrazione peziolare di (a) azoto, (b) fosforo e (c) potassio in *Vitis vinifera* cv. Cabernet-Sauvignon innestata su 13 diversi portinnesti (27).

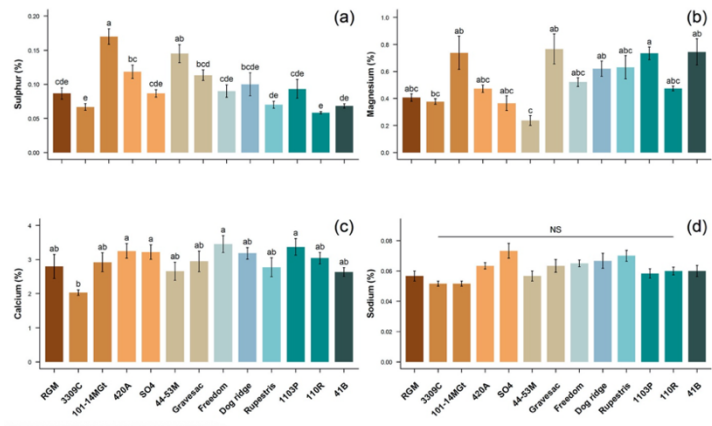


Figura 17B – Concentrazione peziolare di (a) zolfo, (b) magnesio, (c) calcio e (d) sodio in *Vitis vinifera* cv. Cabernet-Sauvignon innestata su 13 diversi portinnesti (27).

Alcuni degli ibridi che rispondono a queste caratteristiche sono il 1103 Paulsen, il 110 Richter (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) e il 41B (*Vitis vinifera* x *Vitis berlandieri*), mentre è sconsigliabile l'uso di portainnesti ottenuti da incroci con *Vitis riparia*, che presentano peggior efficienza di assorbimento di fosforo e magnesio, elementi che risultano carenti nel suolo del Terreno SC1 (27).

In particolare, il 1103P e il 110R presentano ottima resistenza alla siccità e resistenza al calcare attivo fino al 17%, mentre sul nesto provocano alta vigoria e ritardo nell'epoca di maturazione; il 41B si adatta a terreni con calcare attivo fino al 40%, ha una minor resistenza nei confronti di stagioni siccitose ed induce discreta vigoria e ritardo nella maturazione (13). Dal punto di vista dell'efficienza di assorbimento degli elementi del suolo, mostrano tutti e tre buona capacità di assorbimento di azoto, fosforo e magnesio, mentre per il potassio la quantità assorbita è minore nel 1103P (FIGURA 17A, FIGURA 17B).

Infine, a causa di alcune problematiche di affinità riscontrate su 41B e 110R con Pinot nero (13), la scelta più corretta appare quella del 1103P, già ampiamente utilizzato in Italia e nel mondo.

Il sistema di allevamento del vigneto è una scelta che dipende da fattori pedologici e ambientali, dalla cultivar, dagli obiettivi enologici, dai costi e dall'eventuale esigenza di meccanizzazione.

Le analisi svolte per questa tesi mostrano che in passato fu scelta una forma di allevamento (Sylvoz) con un elevato carico di gemme, sicuramente più adatta a terreni fertili o molto fertili, tipici delle pianure emiliane, mentre per il Terreno SC1 andrebbe privilegiata una forma adatta a terreni poco o mediamente fertili, come il Guyot o il Cordone libero.

Tra i sistemi di allevamento indicati, il Guyot (FIGURA 18), a potatura lunga, ben si adatta a tutti i vitigni ed è ampiamente diffuso in Champagne, dove il rischio di gelate primaverili è frequente e permette di mantenere un numero sufficiente di gemme in caso di danni da gelate.

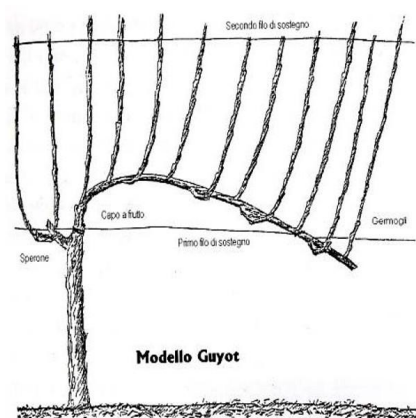


Figura 18 - Forma di allevamento a Guyot. Fonte: www.agraria.org

Il Cordone libero, a potatura corta, garantisce un notevole risparmio economico in fase di impianto, elevato livello di meccanizzazione e massimizza la capacità fotosintetica della pianta (13) (28). Migliori risultati si hanno quando la pianta assume un portamento assurgente, caratteristica legata alla genetica del

vitigno e a fattori ambientali e colturali. Nel caso del Pinot nero, vitigno a portamento “intermedio” e variabile a seconda della vigoria, sono necessari notevoli interventi sulla pianta nella stagione vegetativa (cimatura precoce) che portano la pianta ad assumere un portamento eretto e che di riflesso determinano variazioni legate alla quantità di femminelle prodotte in seguito a tale operazione (29).

La densità d’impianto dev’essere equilibrata, per garantire alla pianta una capacità produttiva ottimale, associata alla massima qualità dell’uva possibile.

Per le forme di allevamento a Guyot, le distanze d’impianto variano da 0,8 a 1,5 metri sulla fila e da 2,2 a 3 metri tra le file; per il Cordone libero le distanze sono leggermente più alte (1-1,5 metri sulla fila e 2,5-3 metri tra le file).

Indicativamente, terreni a maggior fertilità permettono densità d’impianto minori, mentre terreni a bassa fertilità possono avere densità d’impianto maggiori, che garantiscono anche una radicazione più profonda nel terreno.

Anche alla luce della precedente esperienza viticola, è ipotizzabile, per un vigneto allevato a Guyot sul Terreno SC1, una distanza sulla fila abbastanza ridotta, pari a 1 metro, ed una distanza tra i filari di 2,5 metri, che permetta una completa illuminazione delle piante e garantisca l’accesso ai mezzi meccanici, per un totale di 4000 piante per ettaro di vigneto.

La concimazione di fondo, in fase d’impianto, è pratica comune, per fornire gli elementi necessari alle barbatelle, che poi non potranno essere successivamente forniti in profondità, come avviene invece nelle colture annuali.

La tendenza oggi è però sempre più spesso indirizzata verso l’adozione di strategie agroecologiche (30), che preservino le risorse disponibili e garantiscano al vigneto gli elementi nutritivi necessari alla sua sopravvivenza, riducendo o eliminando completamente l’apporto esterno di fertilizzanti di sintesi (31).

Il ruolo dei funghi micorrizici, in tal senso, è fondamentale per aumentare l’assorbimento della pianta e risparmiare elementi presenti nel suolo: le micorrize

stimolano la crescita e la nutrizione della vite grazie ad un miglior accesso ai nutrienti del suolo (fosforo, azoto e altri elementi), migliorano la resistenza a stress abiotici (siccità, salinità, clorosi ferrica) e biotici (malattie delle radici) e aumentano la stabilità del suolo. È stato dimostrato che una forte concimazione fosfatica in fase d'impianto riduce la micorrizzazione, al contrario l'uso di piante erbacee come copertura del vigneto ne favorisce l'attecchimento (32).

L'inerbimento del vigneto porta numerosi altri vantaggi, rispetto alle lavorazioni meccaniche: riduce la compattazione del suolo e i fenomeni di erosione causati dal ruscellamento superficiale dell'acqua, evita la formazione di suole di lavorazione causate da alcune macchine, aumenta la porosità del suolo e diminuisce il rischio di creare condizioni di anossia per l'apparato radicale (33); aumenta la biodiversità nel vigneto con effetti benefici per insetti impollinatori e per insetti predatori e parassitoidi.

Inoltre, la competizione radicale tra la vite e le specie erbacee nel vigneto stimola una radicazione più profonda in grado di garantire miglior assorbimento dell'acqua (33).

Proprio le radici, la loro densità e la capacità di esplorare strati profondi del suolo sono infatti fondamentali per garantire il massimo assorbimento della pianta e ridurre l'apporto esterno di fertilizzanti (34).

Una gestione del suolo attenta permette di aumentare la quantità e la disponibilità di elementi nutritivi, grazie alla selezione di piante specifiche, adatte a diverse necessità. La scelta di un miscuglio di piante selezionate che appaiono utili per un vigneto situato nel terreno SC1 comprendono graminacee, leguminose e piante aromatiche.

La consociazione di *Vitis vinifera* con alcune graminacee, come *Festuca rubra*, *Poa pratensis* e *Lolium perenne*, migliora il controllo della clorosi ferrica in terreni calcarei, fornendo risultati paragonabili all'uso di chelati sintetici del ferro, costosi e ad elevato impatto ambientale (35).

Il trifoglio brachicalicino (*Trifolium brachycalycinum*) è una leguminosa annuale autoriseminante, adatta a terreni subalcalini e argillosi, che forma una persistente copertura vegetale fino alla stagione estiva avanzata, poi dissecca lasciando sul terreno uno strato pacciamante che limita la crescita di erbe spontanee, preserva in parte l'umidità del terreno e rilascia sostanze nutritive (calcio, fosforo e potassio) nel suolo; in questo modo non genera competizione con la vite per le risorse idriche disponibili proprio nella stagione più siccitosa (36). In autunno, in condizioni favorevoli, i semi depositati nel terreno dalla pianta stessa germinano e si riforma la copertura erbosa che migliora la permeabilità dell'acqua nel terreno e riduce l'erosione del suolo e il ruscellamento.

Un'altra leguminosa utilizzabile nell'interfila del vigneto del Terreno SC1 è la sulla (*Sulla coronaria*), una leguminosa perenne coltivabile anche alle nostre latitudini (resistente a temperature di -6/-8°C), con un apparato radicale fittonante profondo, che quando si decompone rappresenta un consistente apporto di sostanza organica nel terreno. Migliora la struttura del suolo, soprattutto nei terreni argillosi, evitando la compattazione e migliorando la penetrazione dell'acqua nel vigneto. La sulla è in grado di fissare quantità considerevoli di azoto (350 kg/ettaro) (37), valori che sono superiori a quelli rimossi dal vigneto con la vendemmia.

Recenti studi stanno mostrando risultati interessanti dall'introduzione di piante aromatiche (salvia, melissa e basilico) nel vigneto, che provocano un rallentamento della maturità tecnologica dell'uva e aumentano l'accumulo di composti volatili negli acini (38).

Come illustrato più volte in questa tesi, per l'impianto di un vitigno a maturazione precoce in un territorio con tali sommatorie termiche, è necessario adottare pratiche che aiutino a ritardare l'accumulo di solidi solubili nelle bacche e ridurre il disaccoppiamento tra maturità tecnologica e fenolica.

Una delle tecniche più studiate e dimostrate è quella della potatura invernale tardiva, che induce nella vite un ritardo di maturazione e un calo dell'accumulo

di zuccheri (39). Altri studi hanno ottenuto risultati simili con pre-potatura meccanica e rifinitura manuale successiva (40). In generale si assiste ad uno spostamento in avanti di tutte le fasi fenologiche della pianta, dal germogliamento alla maturazione, ad un calo delle rese (fino al 35%, causato dalla minore fruttificazione dei germogli) e ad aumento di acidità nell'acino (41).

Altre metodiche studiate per il rallentamento dell'accumulo zuccherino comprendono la defogliazione apicale dei germogli (42) (43) (44), cimature tardive (45) e trattamenti con antitraspiranti (46).

CONCLUSIONI

L'appezzamento di terreno individuato per l'impianto presenta caratteristiche interessanti, soprattutto se valutate in relazione ai cambiamenti climatici che stanno interessando tutte le zone viticole del mondo.

Le sommatorie termiche rientrano nei valori tipici della zona, ma la possibilità di impiantare il vigneto in terreni esposti a nord-est riduce l'intensità della radiazione luminosa e potrebbe rallentare notevolmente la maturazione dell'uva. Oltre a questo fattore, per ottenere uve con le caratteristiche necessarie al raggiungimento dell'obiettivo enologico prefissato, sono però necessarie alcune attenzioni in fase di impianto (scelta del portainnesto, sistema di allevamento, densità d'impianto, ecc.) e durante la coltivazione (consociazioni con specie erbacee utili, pratiche di tecnica colturale, ecc.), che aiutino a rallentare l'accumulo zuccherino e la perdita di acidità e rispettino il suolo e le risorse disponibili.

BIBLIOGRAFIA

1. *Suolo, vite ed altre colture di qualità: l'introduzione e la pratica dei concetti di "terroir" e "zonazione"*. Costantini E., Bucelli P. 1 Suppl., Firenze : Italian Journal of Agronomy, 2008, Vol. 3, p. 23-33.
2. *Risoluzione OIV/VITI 333/2010 "Definizione di terroir vinicolo"*. Castellucci F. Tbilisi : s.n., 2010.
3. Boselli M., altri. *Progressi in Viticoltura*. Napoli : EdiSES S.r.l., 2016.
4. Palliotti A., Poni S., Silvestroni O. *La nuova viticoltura*. Milano : Edagricole, 2015.
5. *Impact of climate change on wine production: a global overview and regional assessment in the Douro Valley of Portugal*. Jones G.V., Alves F. 3/4, s.l. : Int. J. Global Warming, 2012, Vol. 4, p. 383-406.
6. *A Review on the Observed Climate Change in Europe and Its Impacts on Viticulture*. Droulia F., Charalampopoulos I., 5, s.l. : Atmosphere, 2022, Vol. 13, p. 837.
7. *Maturazione dell'uva e gestione della chioma in Vitis vinifera: processi e tecniche da riconsiderare in funzione del cambiamento del clima e delle nuove esigenze di mercato*. Palliotti A., Silvestroni O., Leoni F., Poni S., 19, s.l. : Italus hortus, 2012, p. 1-15.
8. *Carbon dioxide now more than 50% higher than pre-industrial levels*. s.l. : NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration, 2022.
9. *Adattamento delle tecniche colturali del vigneto in funzione della variabilità del clima e delle nuove esigenze di mercato*. Palliotti A., Poni S., s.l. : L'Enologo, 2015, Vol. 3.
10. *Futuro roseo per i vini a bassa gradazione alcolica*. Seccia A., Maggi G., Verona : s.n., 2011.
11. *Grapevine Potassium Nutrition and Fruit Quality in the Context of Climate Change*. Villette J., Cuellar T., Verdeil J., Delrot S., Gaillard I., s.l. : Frontiers in plant science, 2020, Vol. 11.

12. *European climate variability effects on grapevine harvest date time series in the Abruzzi (Italy)*. Di Lena B., Silvestroni O., Mariani L., Parisi S., Antenucci F.,. Lisbona : s.n., 2010.
13. Palliotti A., Poni S., Silvestroni O.,. *Manuale di viticoltura*. Milano : Edagricole, 2021.
14. *I cambiamenti climatici in Italia: quadro attuale, scenari, gap conoscitivi*. Gaudio D. s.l. : Agriregionieuropa, 2010, Vol. 21.
15. *Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series*. Brunetti M., Maugeri M., Monti F., Nanni T., s.l. : International Journal of Climatology, 2006, Vol. 26.
16. *Climate change and viticulture: A European perspective on climatology, carbon dioxide and UV-B effects*. Schultz H. 6, s.l. : Australian Journal of Grape and Wine research, 2000.
17. *Sunburn in Grapes: A Review*. Gambetta J.M., Holzapfel B.P., Stoll M., Friedel M. s.l. : Frontiers in plant science, 2021, Vol. 11.
18. Fondazione cmcc. Scenari climatici per l'Italia. [Online] cmcc - Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici. <https://www.cmcc.it/it/scenari-climatici-per-litalia#rcp>.
19. al., Pachauri (IPCC Chair) et. *IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ginevra (Svizzera) : s.n., 2014. p. 151.
20. *Il cambiamento climatico: osservazioni, proiezioni e conseguenze sulla viti-vinicoltura*. Jones G.V. 15 (1), s.l. : Italus Hortus, 2008.
21. Antolini G. ERG5_Eraclito - Dataset climatico dal 1961 Arpae Emilia-Romagna. *Arpae Emilia-Romagna*. [Online] <https://dati.arpae.it/dataset/erg5-eraclito>.
22. Schede di proiezione climatica 2021-2050. *Arpae* . [Online] 2022. <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/clima/rapporti-e-documenti/schede-di-proiezione-climatica>.

23. Fregoni M. *Viticultura generale: compendi didattici e scientifici*. s.l. : Reda, 1985.
24. Winkler A.J., Cook J.A., Kliever W.M., Lider L.A., *General Viticulture*. s.l. : University of California Press, 1974.
25. *Regulation of berry quality parameters in 'Shiraz' grapevines through rootstocks (Vitis)*. Kodur S., Tisdall J. M., Clingeleffer P. R., Walker R. R., 52, s.l. : Vitis, 2013.
26. *Viticulture for Sparkling Wine Production: A Review*. Jones J. E., Kerslake F.L., Close D.C., Dambergs R.G., 65, s.l. : American Journal of Enology and Viticulture, 2014.
27. *Influence of the three main genetic backgrounds of grapevine rootstocks on petiolar nutrient concentrations of the scion, with a focus on phosphorus*. Gautier A., Cookson S., Ollat N., Marguerit E., s.l. : OENO One, 2020, Vol. 54.
28. *Physiological response of grapevine leaves to lightflecks*. Intrieri C., Zerbi G., Marchiol L., Poni S., Caiado T. 61, s.l. : Scientia Horticulturae, 1995.
29. *Effetti della cimatura precoce dei germogli su viti di Pinot nero allevate a cordone libero*. Poni M., Zamboni S., Gasparinotti P., s.l. : L'enologo, 2004.
30. *Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems*. Altieri M. A., Nicholls C. I., Henao A., Lana M.A., 35, s.l. : Agronomy for Sustainable Development, 2015.
31. Altieri M. A., Nicholls C. I., Ponti L., *Agroecologia. Una via percorribile per un pianeta in crisi*. s.l. : Edagricole, 2015.
32. *Arbuscular mycorrhiza symbiosis in viticulture: a review*. Trouvelot S., Bonneau L., Redecker D., Tuinen D., Adrian M., Wipf D., s.l. : Agronomy for Sustainable Development, 2015, Vol. 35.
33. *Risultati di ricerche sull'inerbimento del vigneto nel Chianti Classico*. Scalabrelli G. Firenze : s.n., 2000.
34. *Digging Deeper for Agricultural Resources, the Value of Deep Rooting*. Thorup-Kristensen K. et al. 4, s.l. : Trends in Plant Science, 2020, Vol. 25.

35. *Evaluation of sustainable management techniques for preventing iron chlorosis in the grapevine*. Covarrubias J.I., Pisi A., Rombolà D.A., 1, s.l. : Australian Journal of Grape and Wine Research, 2014, Vol. 20.
36. *Development, management and dissemination of agroecological strategies and systems*. Rombolà A. D. s.l. : XXXI International Horticultural Congress (IHC2022): International Symposium on Agroecology and System Approach for Sustainable and Resilient Horticultural Production, 2022.
37. *Nitrogen Fixation of Sulla under Mediterranean Conditions*. Sulas L., Seddaiu G., Muresu R., Roggero P. P., 6, s.l. : Agronomy Journal, 2009, Vol. 101.
38. *Effects of intercropping medicinal and aromatic plants (MAPs) on grapevine cv. Sangiovese berry volatile compounds*. Mota-Segantini D., Lombini A., Rodríguez Delet A., De Giorgio R., D'Onofrio C., Rombolà A. D., 3, s.l. : Agroecology and Sustainable Food Systems , 2022, Vol. 46.
39. *Calibrated, delayed-cane winter pruning controls yield and significantly postpones berry ripening parameters in Vitis vinifera L. cv. Pinot Noir*. Gatti M., Pirez F. J., Frioni T., Squeri C., Poni S., 3, s.l. : Australian Journal of Grape and Wine Research, 2018, Vol. 24.
40. Allegro G., Pastore C., Valentini G., Colucci E., Filippetti I.,. *Effetti della potatura tardiva sulla maturità tecnologica e fenolica nella cultivar Merlot*. *Infowine*. [Online] 2021. www.infowine.com.
41. *Delaying winter pruning, after pre-pruning, alters budburst, leaf area, photosynthesis, yield and berry composition in Sangiovese (Vitis vinifera L.)*. Silvestroni O., Lanari V., 4, s.l. : Australian Journal of Grape and Wine Research, 2018, Vol. 24.
42. *Influence of mechanical postveraison leaf removal apical to the cluster zone on delay of fruit ripening in Sangiovese (Vitis vinifera L.) grapevines*. Palliotti A., Panara F., Silvestroni O., Lanari V., Sabbatini P., Howell G. S., Gatti M., Poni S., 19, s.l. : Australian Journal of Grape and Wine Research, 2013.

43. *Late leaf removal aimed at delaying ripening in cv. Sangiovese: physiological assessment and vine performance.* Poni S., Gatti M., Bernizzoni S., Civardi S., Bobeica N., Magnanini E., Palliotti A.,. 19, s.l. : Australian Journal of Grape and Wine Research, 2013.
44. *Effect of post-veraison source limitation on the accumulation of sugar, anthocyanins and seed tannins in Vitis vinifera cv. Sangiovese berries.* Filippetti I., Movahed N., Allegro G., Valentini G., Pastore C., Colucci E., Intrieri C.,. 21, s.l. : Australian Journal of Grape and Wine Research, 2015.
45. *Postveraison Shoot Trimming Reduces Cluster Compactness without Compromising Fruit Quality Attributes in Organically Grown Sangiovese Grapevines.* Bondada B., Covarrubias J. I., Tessarin P., Conceição Boliani A., Marodin G., Rombolà A. D.,. 67, s.l. : American Journal of Enology and Viticulture, 2016.
46. *Postveraison Application of Antitranspirant Di-1-p-Menthene to Control Sugar Accumulation in Sangiovese Grapevines.* Palliotti A., Panara A., Famiani F., Sabbatini P., Howell, Silvestroni O., Poni S.,. 64, s.l. : American Journal of Grape and Wine Research, 2013.
47. *Nutrient release during the decomposition of mowedperennial ryegrass and white clover and its contributionto nitrogen nutrition of grapevine.* Brunetto G., Ventura M., Scandellari F., Ceretta C.A., Kaminski J., Wellington de Melo G., Tagliavini M.,. 3, s.l. : Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2011, Vol. 90.