

VENDEMMIA 2022: L'ANNO DELLE ANOMALIE RECORD

Le anomalie meteorologiche nell'area viticola dell'albese, Piemonte

3a srl

Novembre 2022

Isabelle Brichetto¹, Laura Alemanno²

¹ *Tirocinante del Corso di Laurea Magistrale di Climate Change,*

Dipartimento di Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio - DIATI, Politecnico di Torino

² *Responsabile servizi meteorologici e sistemi di supporto alle decisioni di 3a srl*

INTRODUZIONE

Il cambiamento climatico sta intensificando la variabilità intra ed inter-annuale, modificando il tempismo delle fasi fenologiche della vite, il periodo di maturazione e le caratteristiche chimico-fisiche dell'acino. Le annate 2021 e 2022 sono state particolarmente anomale in confronto agli ultimi 25 anni, con temperature medie giornaliere in aumento e minimi di precipitazioni cumulate valutate nel corso dell'anno idrologico (a.i.), ossia dal 1° ottobre dell'anno precedente, al 30 settembre dell'anno corrente. Questa scelta, oltre a permettere il confronto di uguali intervalli tra l'intera serie di anni a disposizione, essendo l'anno solare del 2022 non ancora terminato, è anche strategica per la valutazione delle precipitazioni e significativa per le coltivazioni. L'obiettivo di questo studio è stato l'identificazione delle anomalie meteorologiche all'interno di una serie temporale di 25 anni, in particolare per il sito di La Morra (CN), focalizzando l'attenzione sulle variabili meteorologiche e sugli indici bioclimatici che più influenzano lo sviluppo vegetativo e produttivo della vite. Sono stati analizzati i parametri orari di temperatura (minima, massima e media) e precipitazione, estraendo trend e distribuzioni, confrontando annata 2022 con la media storica 1997-2021 e calcolando per ciascun anno gli indici bioclimatici rilevanti per la cultivar *Vitis vinifera*. I dati utilizzati provengono dalla stazione agrometeorologica di La Morra, in località Cerequio, un sito rappresentativo di una parte importante della produzione delle uve di Nebbiolo da Barolo. La stazione è inclusa nella rete di stazioni afferenti al progetto regionale "Servizi operativi e divulgativi innovativi per l'applicazione delle tecniche di produzione agricola integrata e biologica", affidata al raggruppamento di imprese composto dalla "3a srl" di Torino e dalla "Fondazione per la ricerca e l'innovazione Agrion" di Manta (CN).

CAMBIAMENTO CLIMATICO: DAL GLOBALE AL LOCALE

Il cambiamento climatico è definito dal gruppo intergovernativo IPCC, come la variazione di grandezze meteorologiche, valutata su un periodo di almeno 20-30 anni, che può essere identificata statisticamente con la variazione della media e/o delle sue proprietà, in riferimento a qualsiasi modifica del clima nel tempo, sia per variabilità naturale che per effetto antropico (UNFCCC, 2011).

A livello globale il principale effetto osservato è l'incremento della temperatura media, che si ripercuote sulla circolazione atmosferica, sulle variabili meteorologiche quali precipitazioni, vento, umidità, sulla circolazione oceanica e sulla criosfera, con una serie di meccanismi di trasferimento e di feedback. Secondo quanto riportato dalla NASA la temperatura media globale in superficie è in continuo aumentato rispetto alla media del periodo 1951-81. Solo nel nuovo millennio ci sono stati 19 degli anni più caldi dal 1880, con picchi di +1.02°C registrati nel 2016 e nel 2020 e l'anno corrente è sulla rotta per raggiungere un nuovo record (NASA, 2022).

In Europa, i picchi di anomalia positiva di temperatura si sono inoltre combinati con deficit di precipitazioni, che hanno portato a condizioni siccitose in tutto il continente, come mostrato dalle mappe degli indici CDI –

Combined Drought Index e da quella di SPI – Standardized Precipitation Index, che verrà meglio affrontato in seguito.

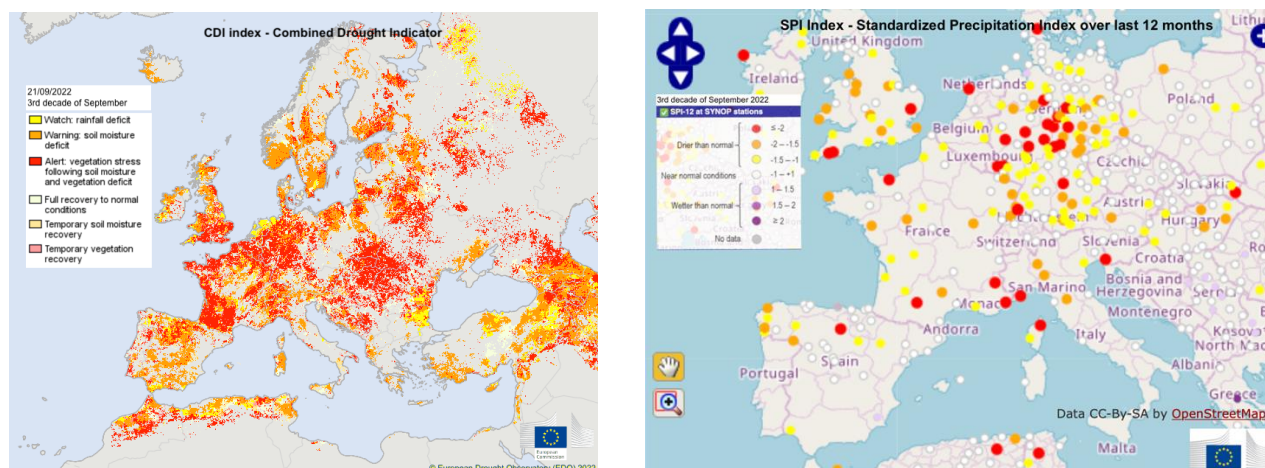


Figura 1: Mappa dell'indice CDI in Europa (sinistra) e mappa dell'indice SPI (destra), settembre 2022 (European Commission-EDO, 2022)

Gli impatti del cambiamento climatico sono spazialmente eterogenei, sia in intensità che in tipologia. Nel nord Italia, ed in particolare in Piemonte, si è registrato dal 1958 al 2020 un incremento importante di temperatura, di circa 2.1°C nelle massime e di 1.5°C nelle minime, valori che superano le anomalie osservate globalmente e che crescono fino a +2.8°C nelle massime e a +1.8°C nelle minime nelle zone montane della regione, stimate essere il 48% del territorio.

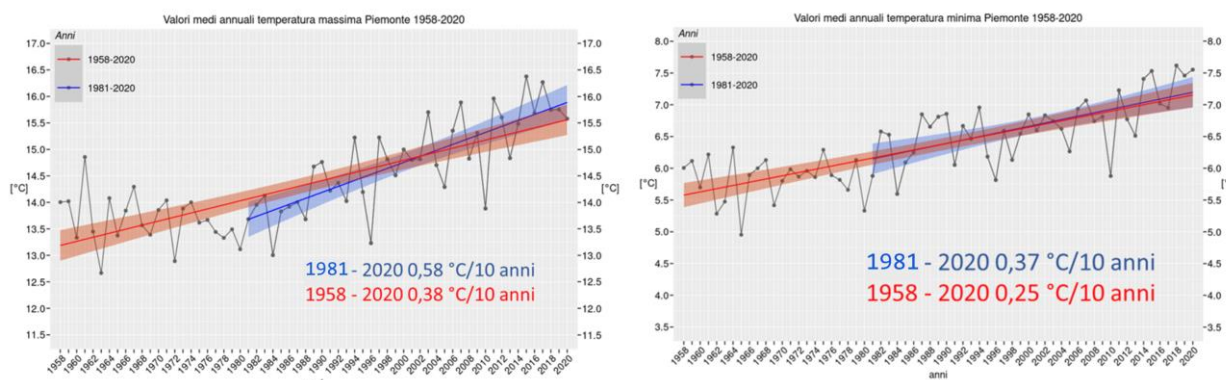


Figura 2: Andamento della temperatura massima (sinistra) e minima (destra) media annuale dal 1958 al 2018 sull'intera regione. In blu la tendenza lineare sull'intero periodo, in rosso la tendenza nel periodo più recente 1981-2018 (ARPA Piemonte, 2021)

Secondo quanto riportato da Arpa Piemonte al 2020, la precipitazione media annua sulla regione non mostra variazioni significative, anche se sono aumentate le precipitazioni intense e la massima lunghezza dei periodi secchi. La quantità di neve è complessivamente diminuita sulla regione e la fusione primaverile ha subito un'accelerazione.

Gli effetti locali sull'agricoltura sono l'aumento di durata e l'anticipo della stagione vegetativa e, in riguardo alla viticoltura, un aumento della concentrazione zuccherina e anticipo graduale della fase di vendemmia (ARPA Piemonte, 2021). I fattori climatici infatti influenzano notevolmente i risultati quanti-qualitativi della viticoltura. La comunità scientifica internazionale ha osservato che in Europa questa pratica sta traslando sempre più a nord, a causa dell'incremento di temperatura e quindi all'estensione del terroir, tali da poter rendere possibile la viticoltura anche in zone in cui storicamente il clima è stato fattore limitante. Allo stesso tempo, nei paesi del sud Europa, i produttori stanno incontrando serie difficoltà nell'interpretare al meglio la stagione per mantenere gli elevati standard qualitativi richiesti dal mercato (Meggio, 2022).

In Italia la vite si coltiva quasi in tutta la penisola, fra circa 35° e 47° di latitudine nord, 0 e 1200 metri sul livello del mare, con esposizioni, masse d'acqua, vegetazione limitrofa e venti differenti, tali da rendere il tipo di viticoltura strettamente legato al microclima presente (Fregoni, 1998).

CASO STUDIO DI LA MORRA (CN)



Figura 3: Inquadramento del sito stazione di La Morra a sinistra (Google Earth e ESRI, s.d.) e foto della stazione agrometeorologica a destra (3a srl)

La Morra, in provincia di Cuneo, è un sito vitivinicolo rientrante nel territorio delle Langhe albesi. In questa zona si producono vini di grande pregio ed in particolare il Barolo, ottenuto da uve di Nebbiolo.

La relativa stazione, della rete del progetto regionale sopra citato, è localizzata a 310 m s.l.d.m. (lat. 44.622861, lon. 7.938935; S.R. WGS84) ed è attiva dal 1° gennaio 1997. La stazione è posta in località Cerequio, in vigneti esposti a sud-sud-est in una posizione a metà versante. Dal 1999 è disponibile il monitoraggio orario oltre a quello giornaliero e le variabili rilevate sono temperatura e umidità relativa dell'aria minime, massime e medie, pioggia, durata di bagnatura fogliare e velocità del vento.

ANNO DI TEMPERATURE RECORD

L'annata idrologica 2022, considerata da ottobre 2021 a settembre 2022, è stata la più calda degli ultimi 25 anni idrologici, con un'anomalia positiva di temperatura media rispetto al 1998 di + 1.2°C, se si guarda al fit centrale. La temperatura media del 2022, con i suoi 14.7°C, è visibilmente anomala, con il massimo scostamento rispetto al trend calcolato. Altre annate particolarmente calde sono state 2003 e 2007, quest'ultimo anche particolarmente secco e perciò già indagato dal punto di vista climatico e delle relative conseguenze ambientali (si rimanda per esempio alla rivista Nimbus (Efrem, Acordon, & al., 2021) su territori montani del Piemonte).

Andando a caratterizzare l'andamento della temperatura mese per mese e confrontando annata storica media con il 2022, è possibile apprezzare la distribuzione mensile delle anomalie. Ad eccezione di marzo, in tutti i mesi del 2022 si sono registrate temperature maggiori rispetto al riferimento, con forti differenze da maggio a settembre e massima anomalia nel mese estivo di luglio, con +3°C rispetto all'intervallo di confidenza dei dati storici.

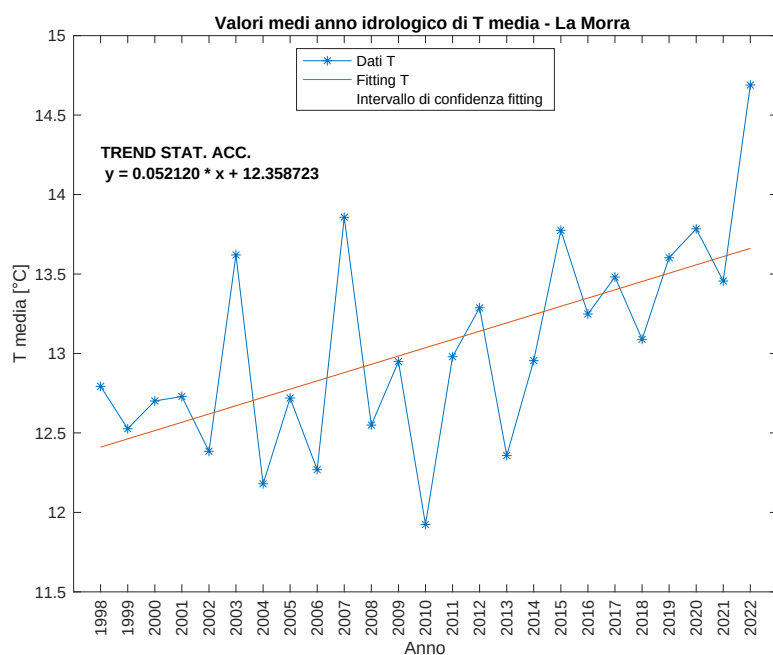


Figura 4: Andamento della temperatura media, valori medi anno idrologico dal 1998 al 2022 e relativi fitting, La Morra

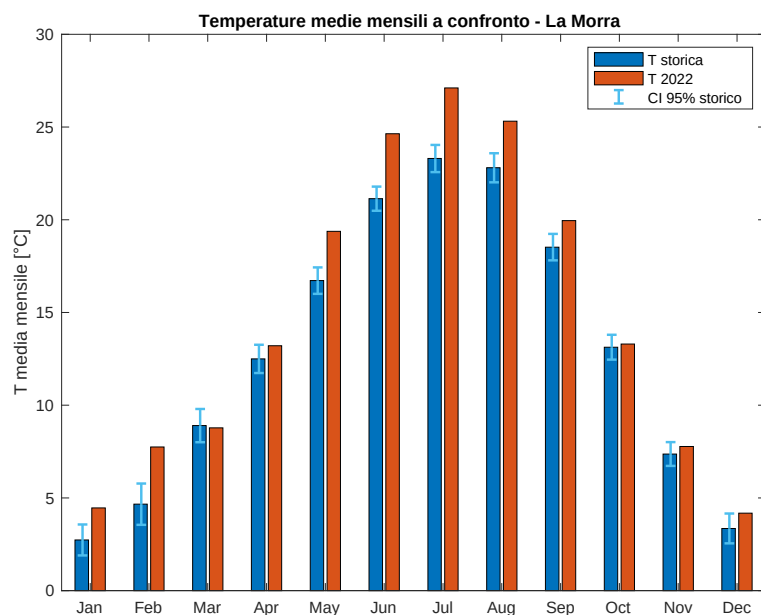


Figura 5: Confronto delle medie mensili delle temperature medie tra storico (1998-2021) e 2022, con intervalli di confidenza CI 95%, La Morra

I trend ottenuti per i valori medi annuali di temperature massime risultano in accordo con quelli riportati da Arpa Piemonte, con una pari pendenza di $+0.058^{\circ}\text{C}/\text{anno}$. Per le temperature minime vi sono invece delle differenze, in quanto, con una pendenza di $+0.052^{\circ}\text{C}/\text{anno}$, le temperature minime di La Morra sono in maggiore aumento rispetto all'andamento regionale.

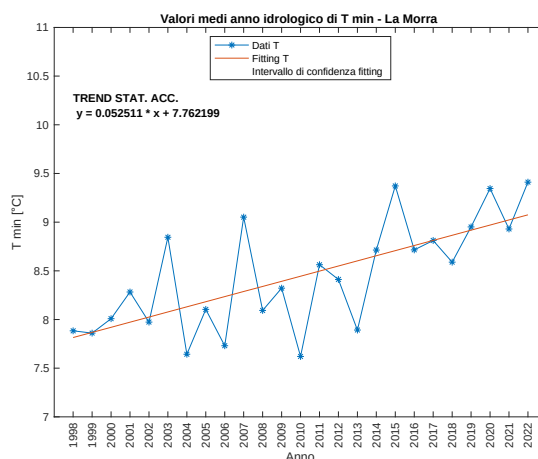
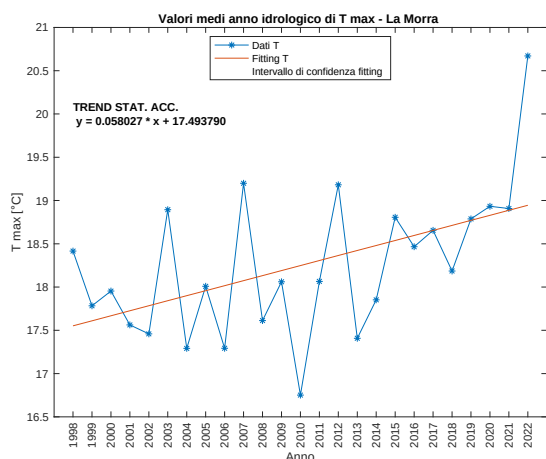


Figura 6: Andamento della temperatura massima (sinistra) e temperatura minima (destra), valori medi anno idrologico dal 1998 al 2022 e relativi fitting, La Morra

MINIMI DI PRECIPITAZIONE

Quelle del 2021 e 2022 sono state le annate idrologiche più siccitose degli ultimi 25 anni, con valore minimo raggiunto lo scorso anno con 497mm di pioggia cumulata, seguito da quello registrato quest'anno di 500mm.

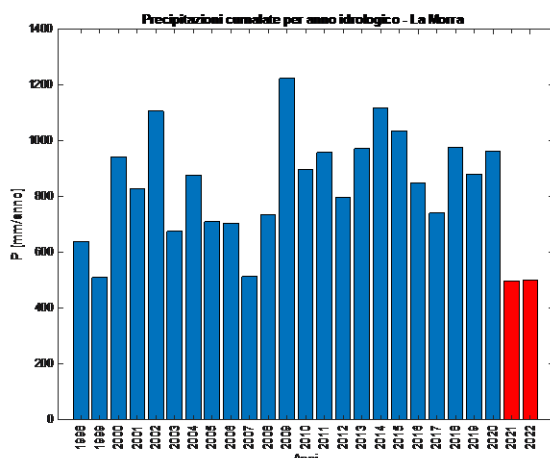


Figura 7: Precipitazioni cumulate per anno idrologico, La Morra

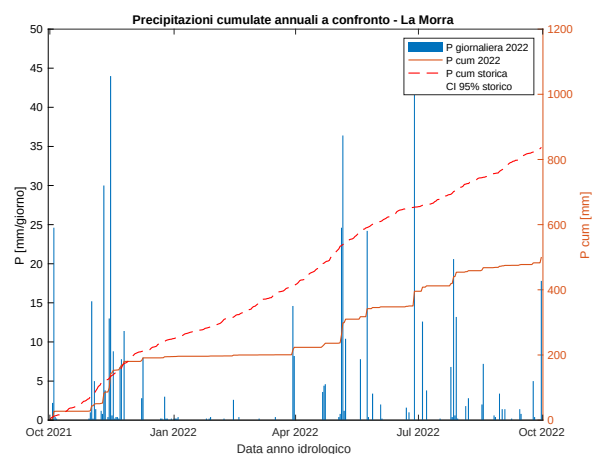


Figura 8: Confronto andamento precipitazioni cumulate annue, La Morra

Mettendo a confronto le precipitazioni mensili del 2022 con la serie storica (a.i. 1998-2021) si può notare il forte deficit di pioggia sofferto quest'anno. Dopo il mese di novembre 2021, d'eccezione con i suoi 150 mm cumulati, da dicembre ad aprile è perdurata una situazione siccitosa critica, con precipitazioni influenti. Nei mesi di maggio, giugno e luglio gli accumuli sono leggermente aumentati accostandosi allo storico, ma non sono stati tali da attenuare il gap dei mesi precedenti. Tale andamento meteorologico è stato invece vantaggioso dal punto di vista fitosanitario, in quanto non è stato favorevole allo sviluppo di Oidio e Peronospora, le malattie fungine più diffuse tra i vigneti. Durante agosto e settembre si sono registrate altre anomalie negative di precipitazione, ma ciò in generale è stato positivo per garantire un buon andamento di maturazione dei grappoli.

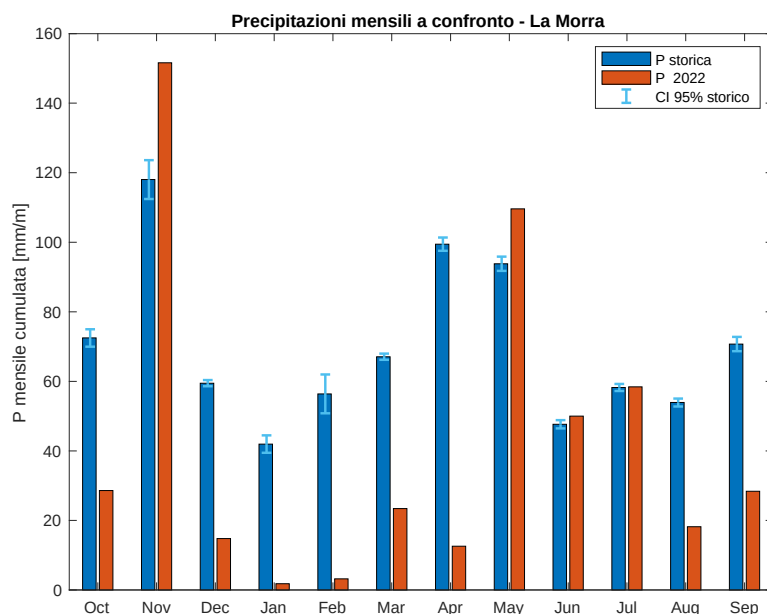


Figura 9: Confronto precipitazioni cumulate mensili tra storico (1998-2021) e 2022, La Morra

SICCITÀ

A differenza dell'aridità – termine con il quale si indica una condizione climatica naturale permanente in cui la scarsa quantità di precipitazioni annue, associata a elevate temperature, non fornisce al terreno il necessario grado di umidità tale da promuovere lo sviluppo della vita, la **siccità** è **una condizione meteorologica naturale e temporanea** in cui si manifesta una sensibile riduzione delle precipitazioni rispetto alle condizioni medie climatiche del luogo in esame. Il fenomeno della siccità presenta caratteristiche differenti nelle diverse componenti del ciclo idrologico. In relazione agli effetti prodotti è possibile parlare di **siccità meteorologica**, in caso di una relativa diminuzione delle precipitazioni e di siccità agricola, in caso di deficit del contenuto idrico al suolo che determina condizioni di stress nella crescita delle colture.

Uno degli indicatori statistici maggiormente diffusi a livello nazionale e internazionale per monitorare la siccità meteorologica a diverse scale temporali è l'SPI – Standardized Precipitation Index, basato sull'utilizzo dei soli dati di precipitazione e perciò confrontabile tra regioni dai diversi regimi climatici. Valori negativi di SPI indicano una precipitazione minore rispetto alla climatologia di riferimento, ossia condizioni siccitose più o meno estreme, mentre valori positivi indicano condizioni più umide. I livelli di severità degli eventi sono classificati come riportato in tabella. Altro indice di diffuso utilizzo, non considerato però nello studio, è l'SPEI – Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, che a differenza dell'SPI considera il bilancio idrico con inclusa l'evapotraspirazione (ISPRA, 2019).

Valori SPI	Classe
$SPI \geq 2.0$	Umidità estrema
$1.5 \leq SPI < 2.0$	Umidità severa
$1.0 \leq SPI < 1.5$	Umidità moderata
$-1.0 < SPI < 1.0$	Nella norma
$-1.5 < SPI \leq -1.0$	Siccità moderata
$-2.0 < SPI \leq -1.5$	Siccità severa
$SPI \leq -2.0$	Siccità estrema

Figura 10: Classificazione SPI (ISPRA, 2019)

Per il sito in questione è stato valutato l'indice SPI-12, seguendo le procedure standard di calcolo. Le somme delle precipitazioni dell'intera serie di misurazioni durante i 12 mesi precedenti la data di calendario in

questione, sono trasformate in una distribuzione gamma attorno allo zero, per poi valutare la distribuzione cumulativa di probabilità.

Nel grafico riportato sotto sono presenti sia le precipitazioni mese per mese, sia l'evoluzione dell'SPI-12, dal '98 ad oggi, essendo l'indice basato sui dati dei 12 mesi precedenti e quindi non calcolabile per il primo anno. È possibile distinguere 8 maggiori eventi di siccità (porzioni rosse) e si può altresì notare che quello che stiamo vivendo è il più intenso periodo di siccità della serie, iniziato a novembre 2020 e classificato estremo (SPI<-2) per il picco di aprile 2022. Quanto a durata, non è ancora possibile valutarne gli sviluppi ed il termine; per il momento l'evento siccitoso più prolungato rimane quello del 2004-2008, distribuito su 4 anni anche se con intensità minore (siccità severa, SPI>-2).

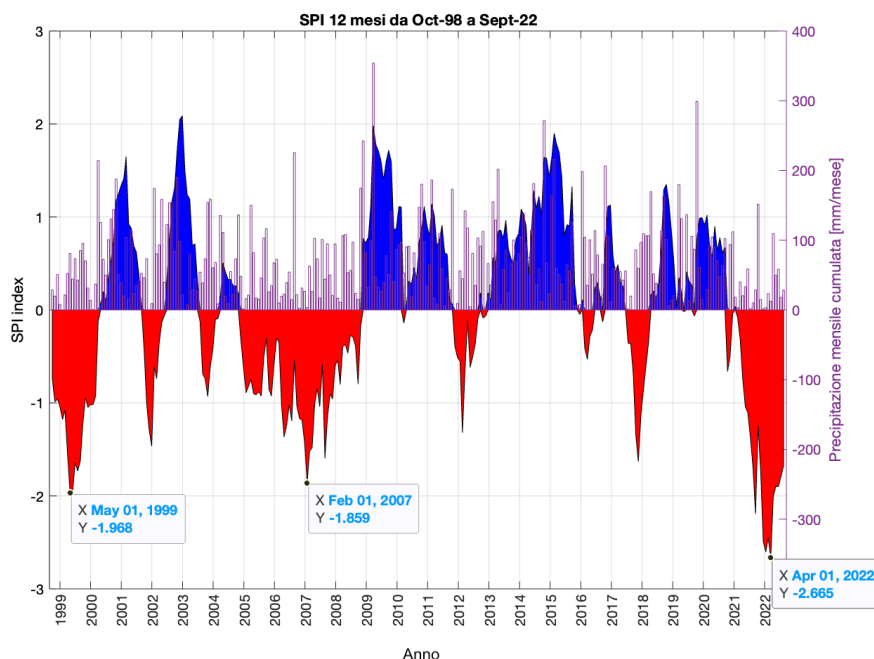


Figura 11: Evoluzione temporale dell'indice SPI e bar plot di precipitazioni mensili cumulate, La Morra; in rosso gli eventi siccitosi, in blu quelli umidi

Il bollettino idrologico mensile di Arpa Piemonte riporta le mappe regionali di SPI, suddivise spazialmente per bacini idrografici e valutate su 3, 6 e 12 mesi. L'SPI – 12 nel mese di settembre e per il bacino del Tanaro ad Alba, entro il quale il sito studio è collocato, riporta una situazione di siccità estrema. Dalle analisi svolte il valore calcolato puntualmente per La Morra fa riferimento ad una siccità severa, ma il dato è comunque in accordo se pensiamo che la stima di Arpa fa riferimento all'intera area di bacino, appiattendone le eterogeneità.

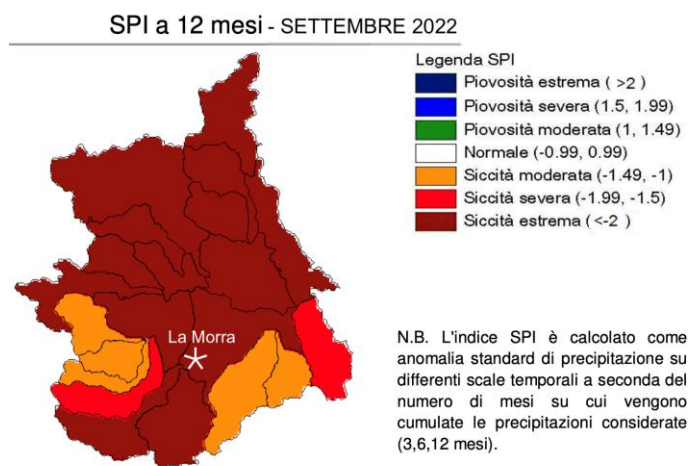


Figura 12: Mappa indice SPI-12 mesi valutata a settembre 2022 (ARPA Piemonte, 2022)

INDICI BIOCLIMATICI E GRANDEZZE DERIVATE

In viticoltura i rapporti tra clima e pianta vengono generalmente studiati attraverso indici bioclimatici basati per lo più su temperature giornaliere medie e massime. Tali indici sono utilizzati per valutare l'idoneità di una determinata varietà di accrescersi con un dato apporto termico e per analizzare il livello di maturazione del vitigno durante l'annata in corso (Fregoni, 1998). Di seguito gli indici e le grandezze derivate considerate.

- Gradi giorno (GDD): rappresentano la somma termica, dal 1° gennaio a fine anno o mese prescelto, delle differenze di temperature medie giornaliere e lo "zero di vegetazione", per i soli giorni che superano tale valore. Lo zero di vegetazione, pari a 10°C per la vite, rappresenta il valore di temperatura sotto il quale i processi di sviluppo non si attivano.

$$GDD = \sum_{i=1}^{1\text{gen}-31\text{dic}} (T_{med,i} - 10^{\circ}\text{C}) \quad \text{se } T_{med,i} > 10^{\circ}\text{C}$$

- Indice di Winkler (WI): somma termica delle temperature attive nella sola stagione vegetativa della vite, dal 1 aprile fino a maturazione e raccolta, quest'ultima supposta entro fine ottobre.

$$WI = \sum_{i=1}^{1\text{apr}-31\text{ott}} (T_{med,i} - 10^{\circ}\text{C}) \quad \text{se } T_{med,i} > 10^{\circ}\text{C}$$

- Indice di Huglin (IH): introduce nella sommatoria anche la temperatura massima (Tmax) giornaliera, poiché l'indice di Winkler ha il difetto di annullare il contributo delle giornate con temperatura media inferiore a 10°, anche nel caso in cui la temperatura massima superasse questo valore; è valutato da aprile a fine settembre.

$$IH = \sum_{i=1}^{1\text{apr}-30\text{sett}} \frac{(T_{med,i} - 10^{\circ}\text{C}) + (T_{max,i} - 10^{\circ}\text{C})}{2} * K \quad \text{se } T_{max,i} > 10^{\circ}\text{C}$$

Valori negativi di $(T_{med,i} - 10^{\circ}\text{C})$ vanno posti a 0; K è un coefficiente di latitudine, pari 1.04 per la zona considerata e tiene conto della lunghezza del giorno.

- Numero giorni di pioggia (con P giornaliera >1mm) nel mese prevendemmia, prendendo come campione agosto per le uve a maturazione precoce e settembre per le tardive.
- Evapotraspirazione potenziale (ET0): grandezza derivata giornaliera che descrive la quantità di acqua che si trasferisce in atmosfera per fenomeni di evapotraspirazione, quando il contenuto d'acqua nel terreno non costituisce un fattore limitante ed essa dipende solo dalle caratteristiche climatiche (ISPRA, s.d.). Per il calcolo è stata utilizzata la formula di Hargreaves, che considera Tmed, Tmin e Tmax giornaliera combinate con parametri di posizione e di radiazione solare (Pyeto, s.d.).
- Numero giorni di gelo: definiti come numero di giorni all'anno in cui la temperatura minima è inferiore a 0°C.

Stando ai risultati ottenuti, gli indici bioclimatici si rivelano in accordo con i record di temperatura, in quanto da essi dipendono, rimanendo sempre al di sopra della curva storica. Quest'anno il periodo di maturazione delle uve si è chiuso con quasi 2200 GDD a fine settembre, valore di quasi +500 GDD (+30%) rispetto alla media storica. Dal punto di vista agronomico è però più interessante guardare il comportamento degli indici IH e WI, che raccontano quanto più calore hanno accumulato le piante di vite nel solo periodo vegetativo.

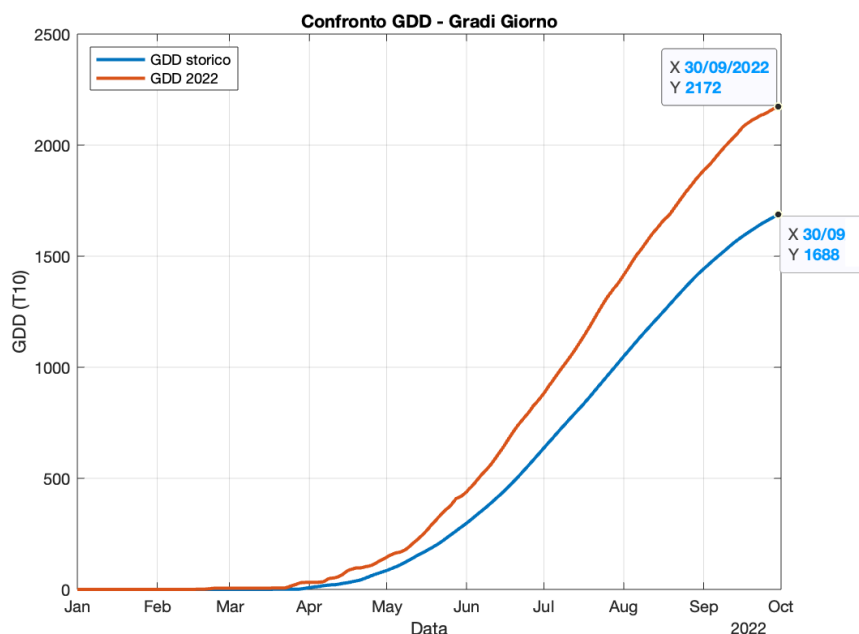


Figura 13: Serie Gradi giorno soglia 10°C storica (1998-2021) e 2022, La Morra

Gli indici di Winkler ed Huglin descrivono il 2022 come un anno di temperature, e quindi valori di indici, sopra la norma. L'indice Winkler, che quantifica il contributo termico che la pianta ha a disposizione per attività fisiologica e metabolica, è stato a fine settembre di +460 °C rispetto allo storico (+27%), con scostamento in graduale aumento nei mesi estivi, a causa delle elevate temperature registrate tra giugno e agosto. L'indice Huglin, che invece rileva meglio le condizioni favorevoli alla fotosintesi (poiché la sola temperatura media considerata nei casi precedenti è comprensiva anche delle temperature notturne che sono inefficaci per questo fenomeno) ha chiuso la stagione vegetativa con un valore di indice di +550 °C rispetto al riferimento (+24%).

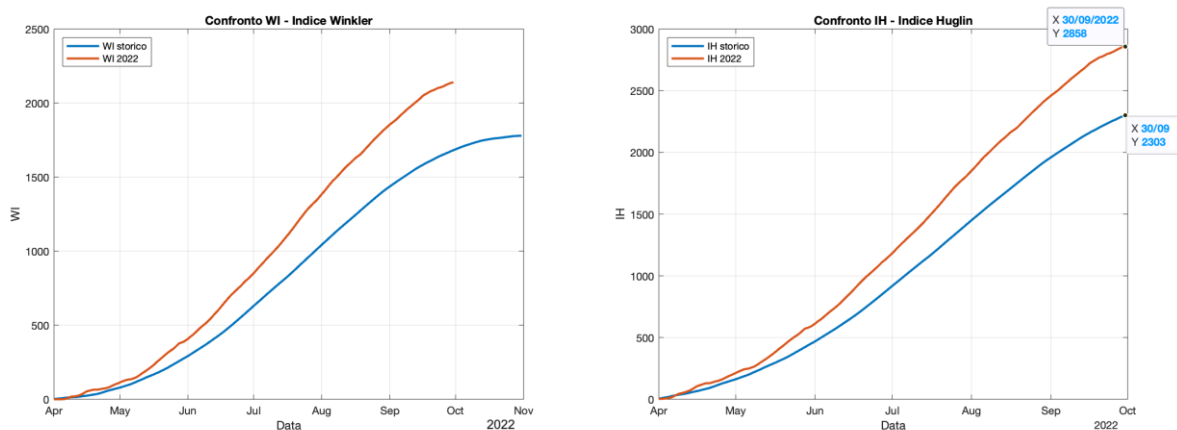


Figura 14: Indici Winkler ed Huglin calcolati su serie storica (1998-2021) e 2022, La Morra

Le maggiori temperature hanno causato una maggiore attività potenziale di evapotraspirazione, con maggiori rilasci di acqua attraverso gli stomi, che non è però stata compensata debitamente con l'apporto di precipitazione. Nonostante le differenze di dispersione, si può apprezzare che nel 2022 vi siano picchi estivi più alti.

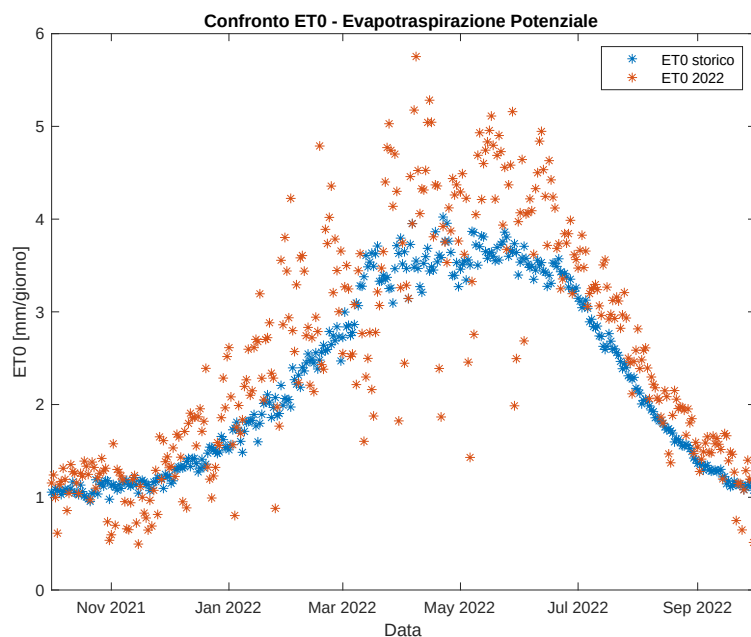


Figura 15: Confronto ET0 durante anno idrologico tra serie storica e 2022, La Morra

Benchè non vi sia un'anomalia netta, il numero di giorni di gelo del 2022, sempre conteggiati nel corso dell'anno idrologico, sono inferiori rispetto al riferimento 1998-21, con un'occorrenza di -11 giorni. L'occorrenza di questo evento è solitamente invernale, comprendendo i giorni tra metà dicembre e metà febbraio, ed è meno frequente tra marzo e aprile quando si verificano gelate tardive primaverili, come è avvenuto nel 2021 nel nord Italia. Nel 2022 non si sono invece verificate gelate primaverili significative.

PRIME VALUTAZIONI DELLA RELAZIONE TRA ANNATA CLIMATICA E VITICOLA

Secondo l'esperienza e le osservazioni di Piero Roseo, socio di "3a srl", tecnico viticolo ed esperto di agricoltura, nelle aree dell'albese e dell'astigiano da lui seguite per attività di supporto ad aziende vitivinicole, si è risentito in maniera differente l'effetto della siccità. Si ricordi che in Piemonte, non venendo praticata l'irrigazione in viticoltura, il ridotto apporto idrico non ha potuto essere compensato.

Come è noto l'apporto termico nel periodo vegetativo e di sviluppo della vite e la pluviometria annuale assumono un ruolo fondamentale nella crescita e nella maturazione delle uve. Come spiega Piero Roseo, le annate del 2021 e del 2022, particolarmente calde (soprattutto in riguardo all'ultimo anno) e secche, seppur abbiano contribuito in modo positivo dal punto di vista qualitativo, hanno causato una riduzione in termini quantitativi, nonché potenziali effetti negativi per le prossime annate. In particolare, nella maturazione delle uve 2021 si sono verificati fenomeni di scottature delle uve e gelate tardive nel mese di aprile e nel 2022 la carenza idrica prolungata, combinata con la termometria elevata, ha portato ad un rallentamento dello sviluppo di foglie e acini, con fasi di stasi nei mesi di inizio estate, perdurate soprattutto nell'astigiano. Per l'area dell'albese, e dunque di La Morra, questa situazione è stata risolta da alcuni eventi pluviometrici, che hanno contribuito a ripristinare le riserve idriche del terreno, avvenuti, il 28 giugno 2022 con un apporto di 45mm, e a fine luglio con altri 45mm cumulati tra il 25 e il 29 del mese. Gli eventi pluviometrici nei giorni 5-6-7 agosto, anche se al di sotto complessivamente dei 10 millimetri, hanno ulteriormente favorito una perfetta maturazione delle uve. Le precipitazioni nel periodo pre-vendemmia nella zona del nicese sono state invece più rare e non hanno contribuito in modo significativo al ripristino del contenuto idrico del suolo. Nelle aree vitate più vocate delle langhe albesi, nelle migliori esposizioni a sud, nonostante il raccolto quest'anno

non abbia risentito pesantemente della siccità estrema, vi è una forte preoccupazione per la prossima annata, che potrebbe rivelarsi critica se si proseguirà con assenza di piogge autunnali e nevicate invernali.

Di seguito vengono riportate le date di inizio vendemmia per uve di Barbera di vigneti nella zona di La Morra seguiti da “3a srl”. La vendemmia del 2022 è iniziata circa 10 giorni in anticipo rispetto alla media delle occorrenze 2013-21. Questo dato è stato incrociato con i valori dell’indice Winkler ad inizio vendemmia: nel 2022, nonostante l’anticipo della raccolta attorno al 14 settembre, il valore di WI è stato comunque elevato ed intorno ai 2020 gradi giorno.

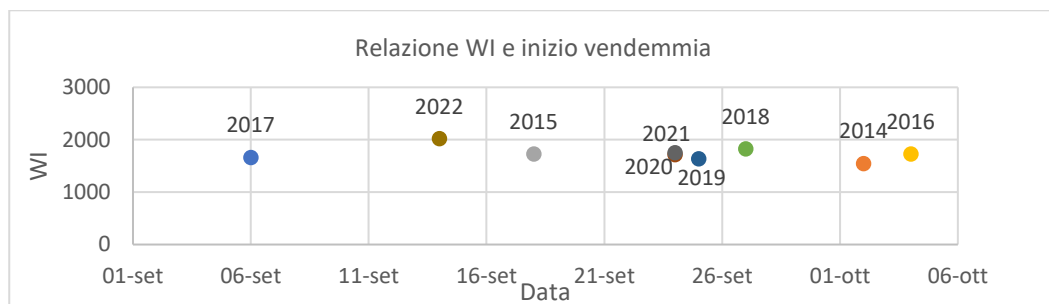


Figura 16: Relazione tra WI e data di inizio vendemmia dal 2013 al 2022 per uve di Barbera, La Morra

Conclusioni

Il lavoro svolto è un contributo non esaustivo alla caratterizzazione dell’influenza del cambiamento climatico sulla dinamica di sviluppo della vite per il territorio delle Langhe albesi ed è stato condotto grazie al set di 25 anni di dati fornito da “3a srl” ed i suoi partner. Lo studio si inserisce all’interno del panorama di analisi e modellazione climatica per capire gli impatti delle anomalie climatiche sugli ecosistemi agricoli, ambito che sta acquisendo sempre più interesse ed accrescere la capacità di resilienza del mondo rurale.

Bibliografia

3a srl. (s.d.).

ARPA Piemonte. (2021). *Portale Cambiamento Climatico in Piemonte*. Tratto da WebGIS Arpa Piemonte: https://webgis.arpa.piemonte.it/secure_apps/portale-sul-clima-in-piemonte/

ARPA Piemonte. (2022, Ottobre 3). http://www.arpa.piemonte.it/export/bollettini/bollettino_idromensile.pdf. Tratto da Bollettino Idrologico mensile.

Efrem, A., Acordon, V., & al., e. (2021, Dicembre). Siccità e incendi dell'ottobre 2017 sulle Alpi Occidentali. *NIMBUS*.

European Commission-EDO. (2022). *EDO - European Drought Observatory*. Tratto da <https://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1052>

Fregoni, M. (1998). *Viticultura di qualità*. Verona: Informatore Agrario.

Google Earth e ESRI. (s.d.). Tratto da <https://www.google.it/earth/>

ISPRA. (s.d.). Tratto da ISPRA idrosfera: https://annuario.isprambiente.it/sys_ind/232

ISPRA. (2019, Novembre 18). Tratto da ISPRA ambiente: https://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/siccitas/index.html

Meggio, F. (2022). The interplay between grape ripening and weather anomalies in Northern Italy – A modelling exercise. *OENO One*.

NASA. (2022, Ottobre). *Global Climate Change*. Tratto da <https://climate.nasa.gov/>

Pyeto. (s.d.). *Hargreaves equation*. Tratto da <https://pyeto.readthedocs.io/en/latest/hargreaves.html>

UNFCCC. (2011). Tratto da https://unfccc.int/files/press/backgrounders/application/pdf/press_factsh_science.pdf