Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale: l'Europa investe nelle zone rurali

PROGETTO WINESENS

Controllo e gestione dei vigneti e dell'appassimento mediante reti di sensori wireless

RELAZIONE FINALE DI SINTESI

Asse	**1**
Misura	**124 (azione singola) - Cooperazione per lo sviluppo di nuovi prodotti, processi e tecnologie nel settore agricolo, alimentare e forestale**
Soggetto proponente (capofila ATS)	Dipartimento di Biotecnologie –Università degli Studi di Verona
Partner ATS	Allegrini Società Agricola Semplice di Allegrini Franco Allegrini Maria & C., Terre di Fumane srl, Giuseppe Campagnola SpA, Azienda Agricola Brusaferro Marilena, Azienda Agricola F.lli Speri, Azienda Agricola Brigaldara di Cesari Stefano
Durata progetto	01.05.2010 – 05.12.2012

Installazione macchine e attrezzature (fase appassimento): partendo dall'analisi della planimetria delle stanze d'appassimento si è proceduto a pianificare una disposizione dei ventilatori e dei sistemi di movimentazione dell'aria. L'installazione dei sensori è stata effettuata durante la fase di riempimento del fruttaio, in modo da poterli posizionare adiacenti ai bancali d'uva e poter effettuare in diretta un test sulla capacità di ricezione e trasmissione di ogni sensore.

Prove sperimentali (fase appassimento):

Le prove sperimentali sono state suddivise in due filoni:

- Analisi della ventilazione all'interno del fruttaio
- Analisi del metabolismo dell'uva

Studio della ventilazione in fruttaio ed individuazione dei punti critici

Protocollo di misurazione

L'appassimento oggetto di studio è la struttura di Terre di Fumane di cui viene riportata la planimetri dell'ala ovest e la disposizione dei plateau al suo interno Fig 1.

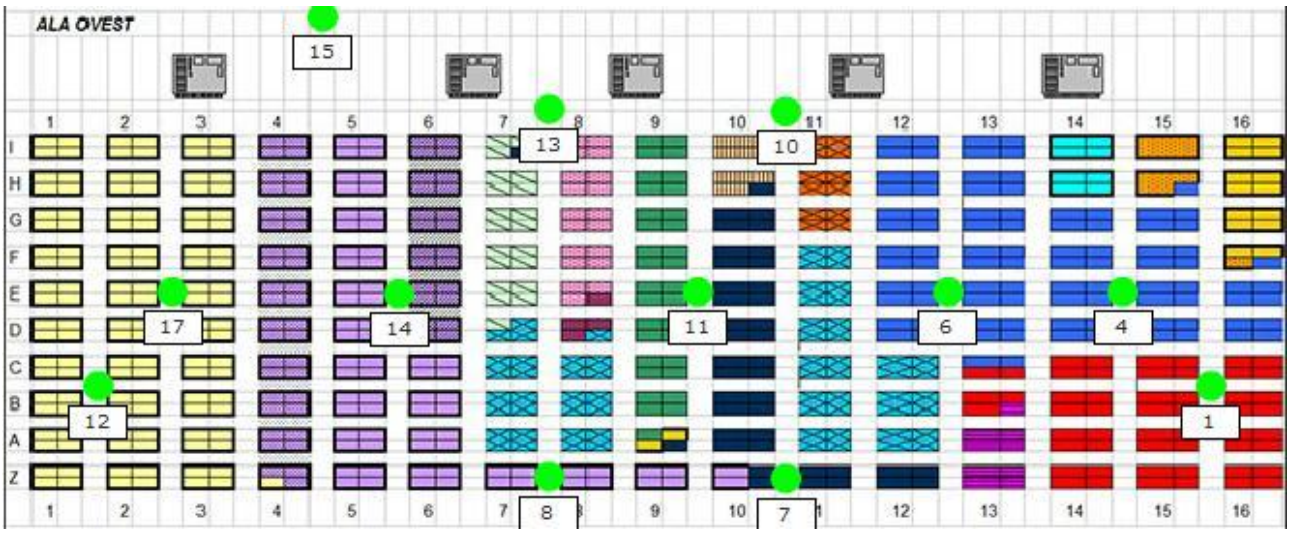


Fig 1: Planimetria del fruttaio "Terre di Fumane"

Misure in fruttaio allestito con Plateau

I valori di velocità registrati sono stati elaborati attraverso il software statistico R (www.r-project.org).

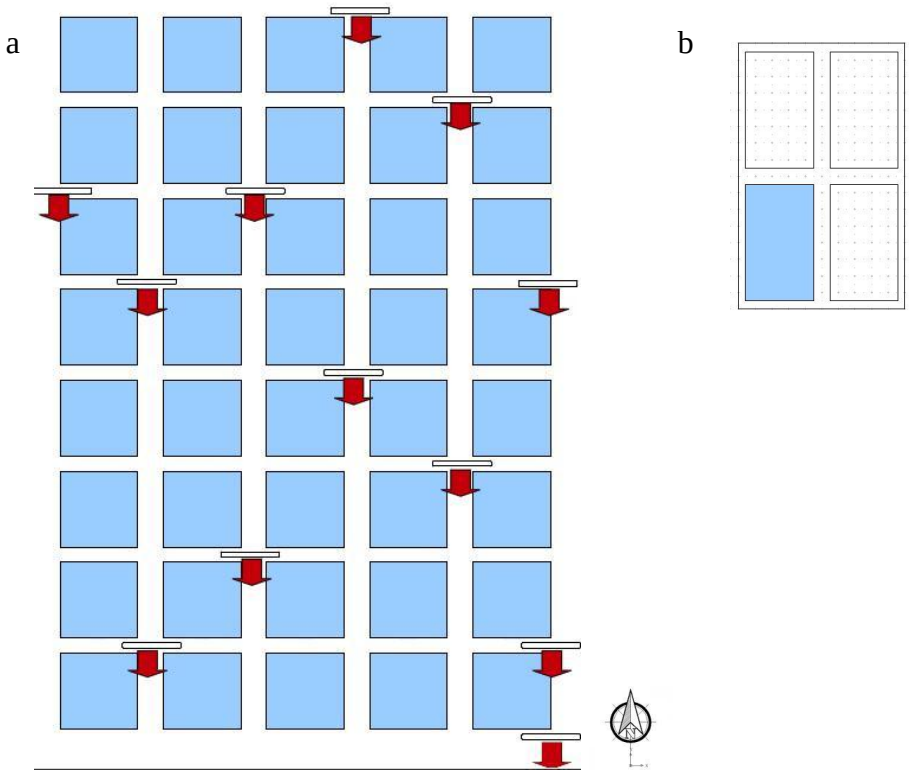


Fig 2 a-b: Disposizione dei ventilatori all'interno della porzione di sala studiata (ala ovest) e direzione del flusso d'aria (freccia rossa).

Dell'intero fruttaio di Terre di Fumane messo a disposizione è stata analizzata attraverso un anemometro a Filo Caldo; una porzione corrispondente a circa ¼ dell'area totale Fig 2b (porzione in azzurro), quest'area è stata sufficiente per capire ed interpretare i fenomeni che si instaurano all'interno del locale.

<u>Misure a diverse altezze in fruttaio allestito con Plateux</u>

Le misurazioni della velocità dell'aria sono state effettuate a 3 diverse altezze dal terreno, per evidenziare e caratterizzare il loro comportamento; le altezze analizzate sono: 50 cm, 150 cm, 300 cm. Ad ogni altezza sono state effettuate circa 75 misurazioni come riportato di seguito in Tab 3. Le 75 misurazioni sono state effettuate seguendo uno schema che viene mostrato nella Fig 7 (pallini in verde) e che si è ripetuto per ogni riga (spazio tra un bancale e il successivo).

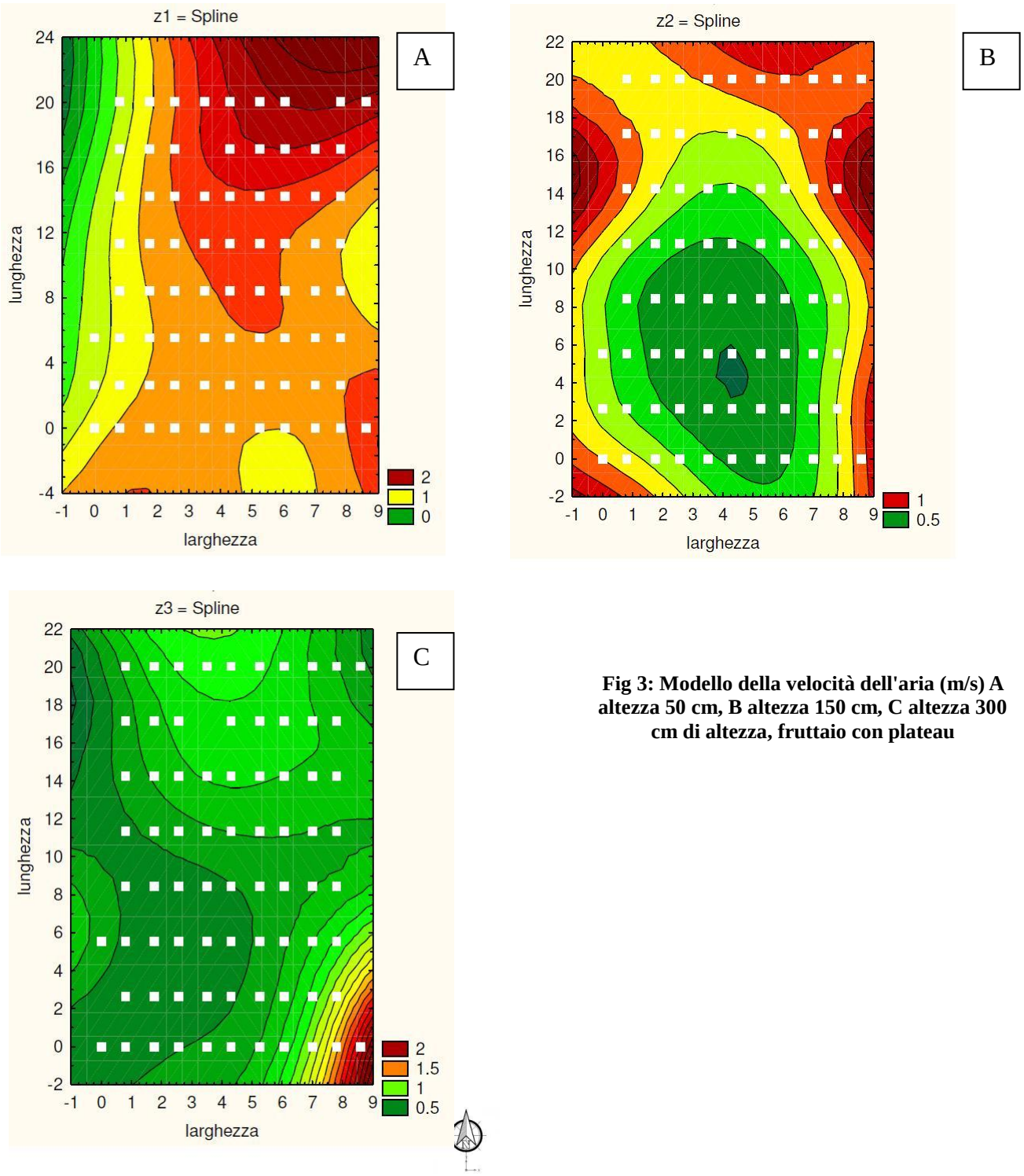


Fig 3: Modello della velocità dell'aria (m/s) A altezza 50 cm, B altezza 150 cm, C altezza 300 cm di altezza, fruttaio con plateau

Come si nota dalle Fig 3 a-b-c il flusso dell'aria tende ad essere più elevato (valori espressi in m/s) soprattutto in prossimità dei ventilatori (Fig 2) posizionati nel fruttaio. Infatti la sezione che mostra i valori più elevati di velocità del vento è il piano A, quello determinato all'altezza dei ventilatori. La velocità del flusso d'aria diminuisce notevolmente a poca distanza dal ventilatore, arrivando in alcuni punti in cui il valore è prossimo allo 0. Tra le tre

differenti altezze riportate nella Fig 3 si notano grosse differenze di distribuzione delle velocità dell'aria.

Statistiche Descrittive (vento altezze in complessivo)						
Piano		N Validi	Media	Minimo	Massimo	Dev.Std.
A	50cm	75	1.218.400	0.150000	4.300.000	1.133.807
B	150cm	76	0.632632	0.100000	3.000.000	0.625156
C	300cm	75	0.638667	0.100000	4.000.000	0.741063

Tab 3: Statistiche descrittive delle velocità del vento dei 3 livelli considerati

Analisi a 50cm:

La rappresentazione del piano a 50 cm dal suolo evidenzia una grossa difformità di valori all'interno della sala; infatti si passa da punti in cui si toccano i 2 m/s, fino a situazioni in cui l'aria ha velocità pari a 0. Si evidenzia una grossa area soggetta a forte movimentazione dell'aria nella parte centrale del fruttaio (in alto a destra Fig 3a). Ampie aree invece mostrano una velocità dell'aria non eccessivamente forte, i valori medi osservati sulla superficie all'altezza di 50 cm sono di circa 1,2 m/s come evidenziato nella Tab 1.

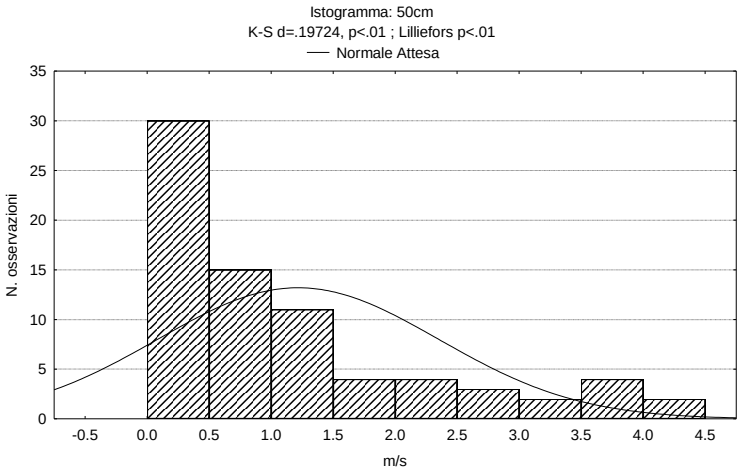


Fig 4: Distribuzione delle misurazioni all'altezza di 50 cm

Analisi 150cm:

Salendo di circa 1m di altezza nel fruttaio considerato, si risconta un dimezzamento della velocità media: 0,6 m/s. I dati sono molto più compatti e rientrano per oltre il 50% nella

classe 0<x<0,5. I valori massimi registrati sono i più bassi confrontando le 3 altezze considerate come evidenziato nella Tab 3.

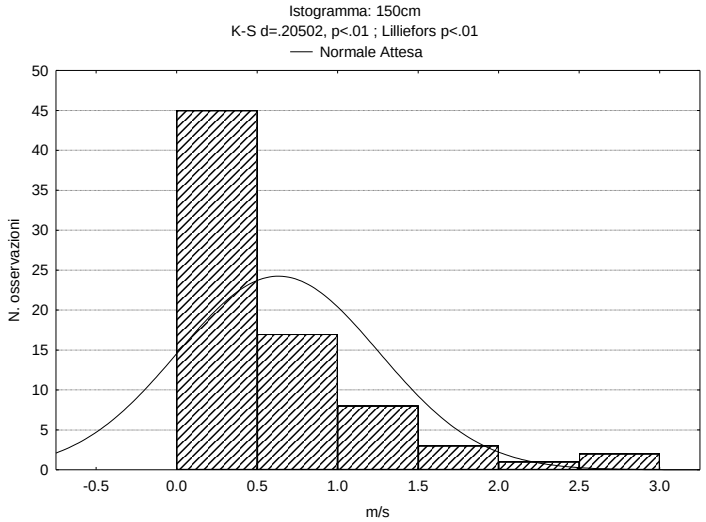


Fig 5: Distribuzione delle misurazioni all'altezza di 150 cm

<u>Analisi 300 cm:</u>

Il piano immaginario all'altezza di 300 cm similmente al precedente mostra una velocità media di 0,6 m/s, con una variabilità dei dati leggermente superiore.

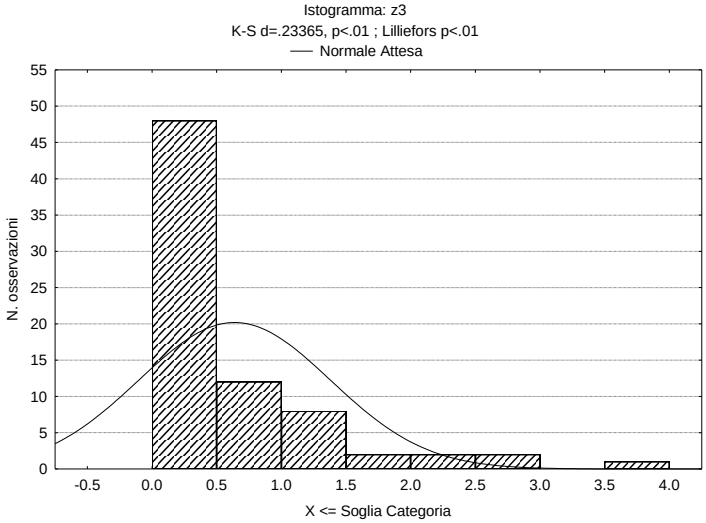


Fig 6: Distribuzione delle misurazioni all'altezza di 300 cm

Le misurazioni effettuate al disopra dei 50 cm evidenziano una maggiore omogeneità e di conseguenza una situazione nel fruttaio notevolmente più uniforme, situazione determinata in larga misura dalla presenza dei ventilatori a livello del terreno, che è causa di una forte

variabilità. Inoltre la vicinanza al terreno dei ventilatori causa delle correnti di rimbalzo che incrementano l'eterogeneità dell'ambiente.

Utilizzo dei sensori wi-fi per la valutazione dell'andamento climatico e per lo studio dei sistemi di ventilazione in fase di appassimento

Durante il primo mese di appassimento con ventilazione accesa, si nota che a 20 centimetri dal pavimento si può raggiungere spesso una temperatura di 1°o 2°C più alta (Figura 19-20).

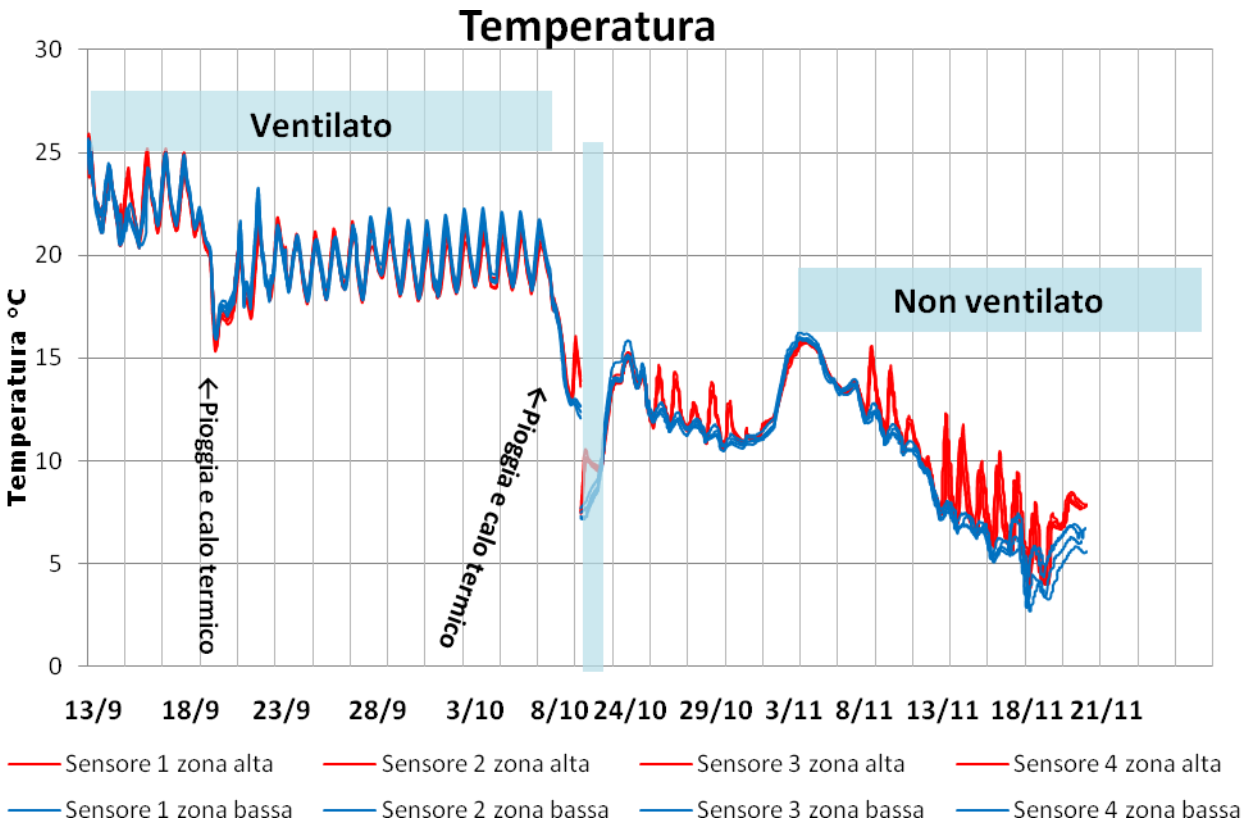


Fig 19: andamento della temperatura in fruttaio.

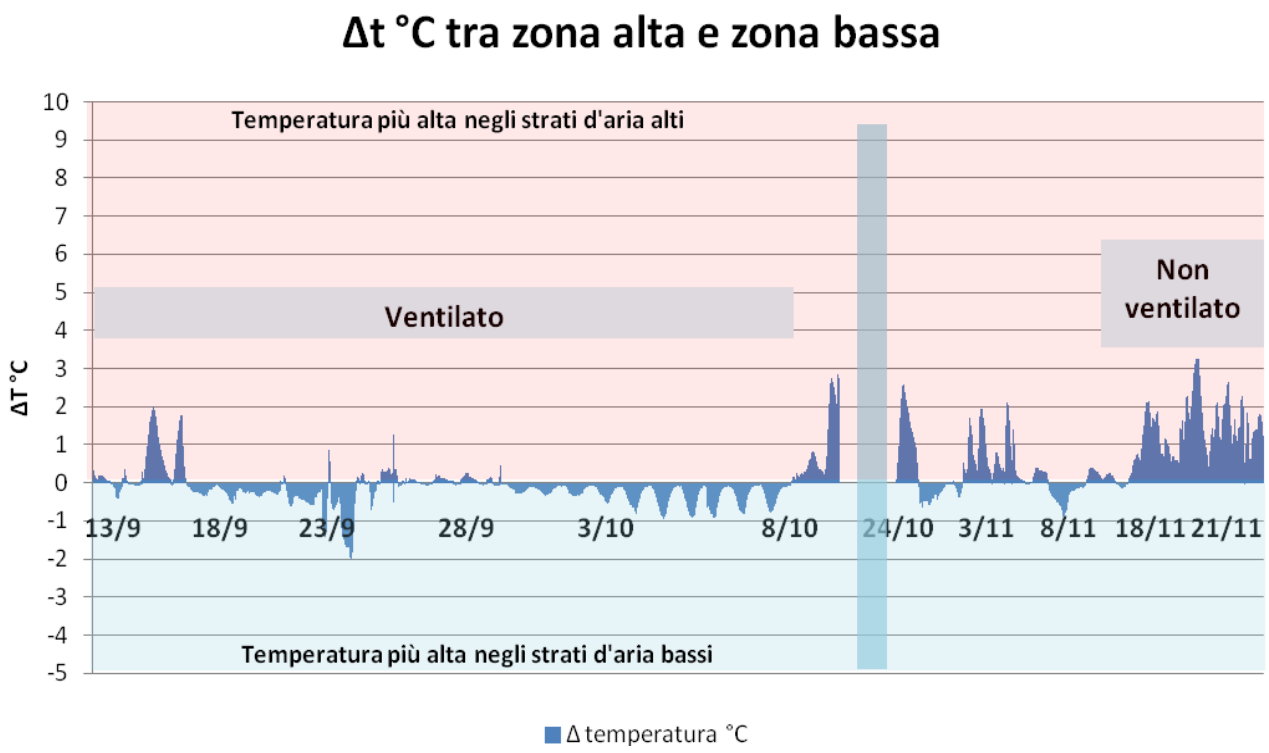


Fig 20: andamento della temperatura negli strati alti e bassi

L'umidità relativa durante il primo mese si è mantenuta su valori che oscillano tra il 70% e il 90 % ad eccezione di un periodo di tre giorni dove, a causa di una pioggia, si sono chiuse le finestre ed è entrato in funzione ininterrottamente l'impianto di deumidificazione. Quando termina l'azione dell'impianto di condizionamento l'umidità ritorna su valori compresi tra il 70 e il 60 %, in seguito si nota un leggera diminuzione seguita da un leggero aumento. In corrispondenza di una nuova pioggia le finestre sono state chiuse ed è entrato nuovamente in funzione l'impianto di condizionamento provocando una diminuzione dell'umidità. A partire dalla terza decade di Ottobre si nota un innalzamento dell'umidità relativa, importante per limitare la perdita d'acqua e, di conseguenza il raggiungimento di gradazioni zuccherine troppo elevate (Fig 21).

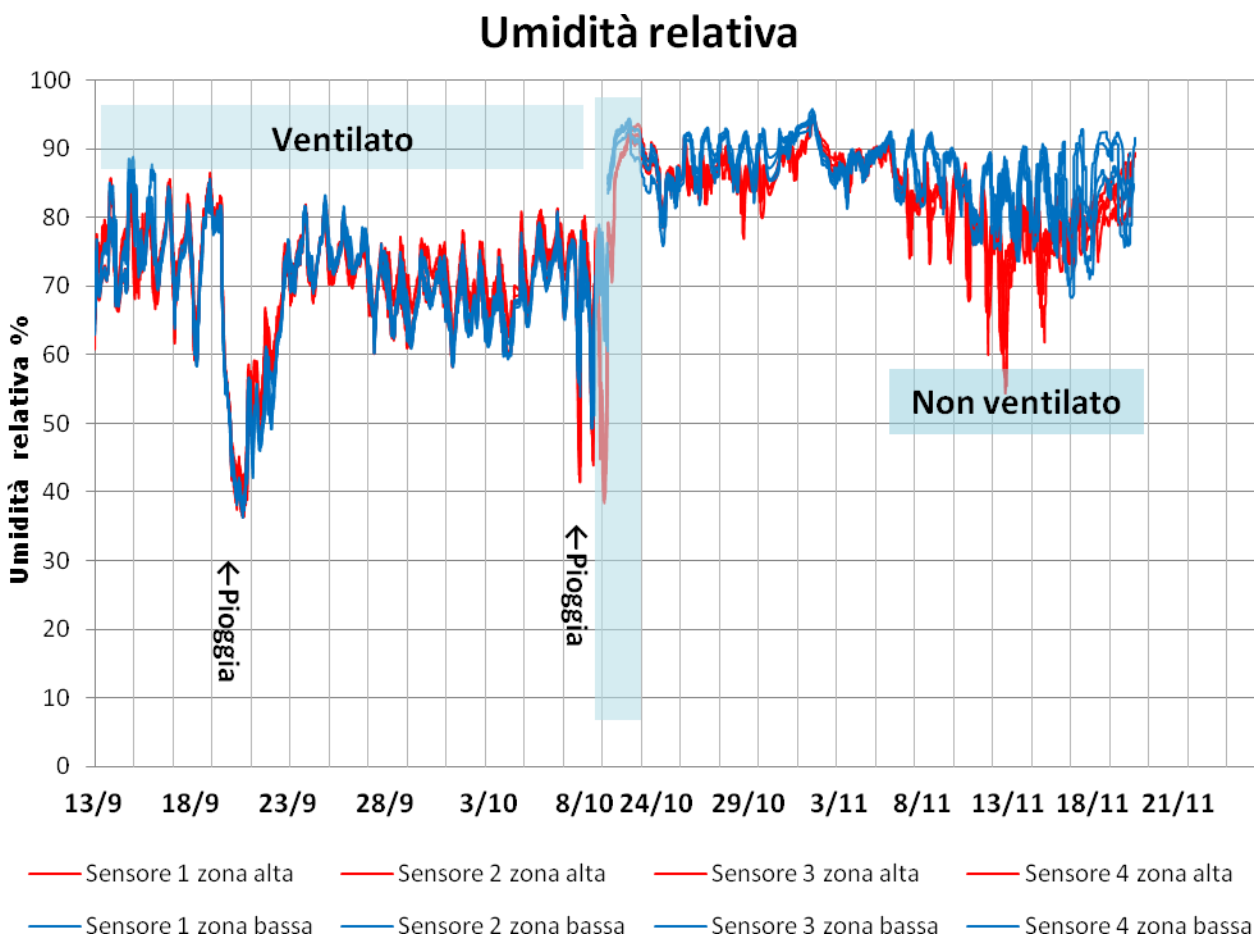


Fig 21: andamento dell'umidità relativa in fruttaio.

Nel primo mese di appassimento la ventilazione è sempre accesa per favorire il rimescolamento degli strati d'aria, limitando le differenze di umidità relativa tra gli strati d'aria presenti in alto e in basso. A partire dal 24 Ottobre la ventilazione inizialmente viene accesa il 25 e 26 Ottobre per poi essere nuovamente spenta e riaccesa dal 5 all'8 Novembre. Dal 9 Novembre questa è rimasta sempre spenta. Proprio quando la ventilazione è spenta si nota come la differenza di umidità relativa tra la parte alta e la parte bassa del fruttaio possa arrivare anche al 20%.

Entrando più nel dettaglio, durante il primo mese di appassimento con ventilazione accesa, si nota che la differenza di umidità tra gli strati d'aria in alto e in basso è minima.

Durante l'ultimo mese di permanenza in fruttaio si ha una situazione più altalenante: con ventilazione accesa la differenza di umidità alle diverse altezze si riduce, mentre a ventilazione spenta la differenza aumenta e l'aria più umida tende a stratificarsi in basso perché più pesante (Fig 21-22).

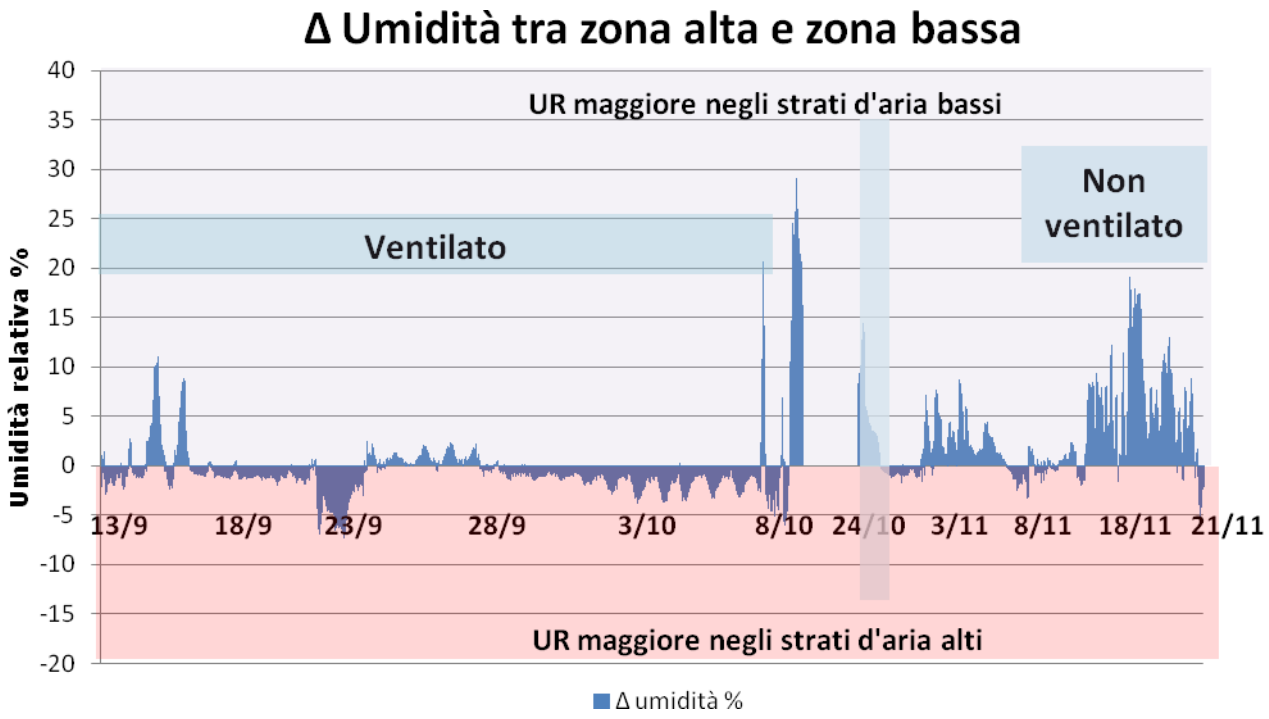


Fig 22: differenza di umidità tra la parte alta e la parte bassa del fruttaio.

Considerando i valori di temperatura e umidità relativa nella parte alta e bassa del fruttaio come valore medio, si nota che nel primo mese di appassimento le differenze di temperatura e umidità tra gli strati d'aria alti e quelli bassi sono minime grazie alla ventilazione che rende l'atmosfera del fruttaio omogenea; successivamente quando la ventilazione viene meno le differenze si accentuano: la temperatura rimane più alta a 4,8 metri d'altezza e l'umidità risulta minore; a 20 centimetri dal pavimento si nota una temperatura più bassa e un'umidità più alta (Fig 23, 24).

Ne consegue che l'uva presente nelle cassette a 4,8 metri d'altezza può andare incontro ad una perdita d'acqua maggiore, ovvero raggiungere una maggiore concentrazione zuccherina con minor rischio di infezioni fungine, l'uva presente nel primo pallet posizionato sul pavimento potrà avere una minor perdita d'acqua, una minor concentrazione zuccherina e

un maggior rischio legato a problemi sanitari, è quindi importante una gestione della ventilazione oculata.

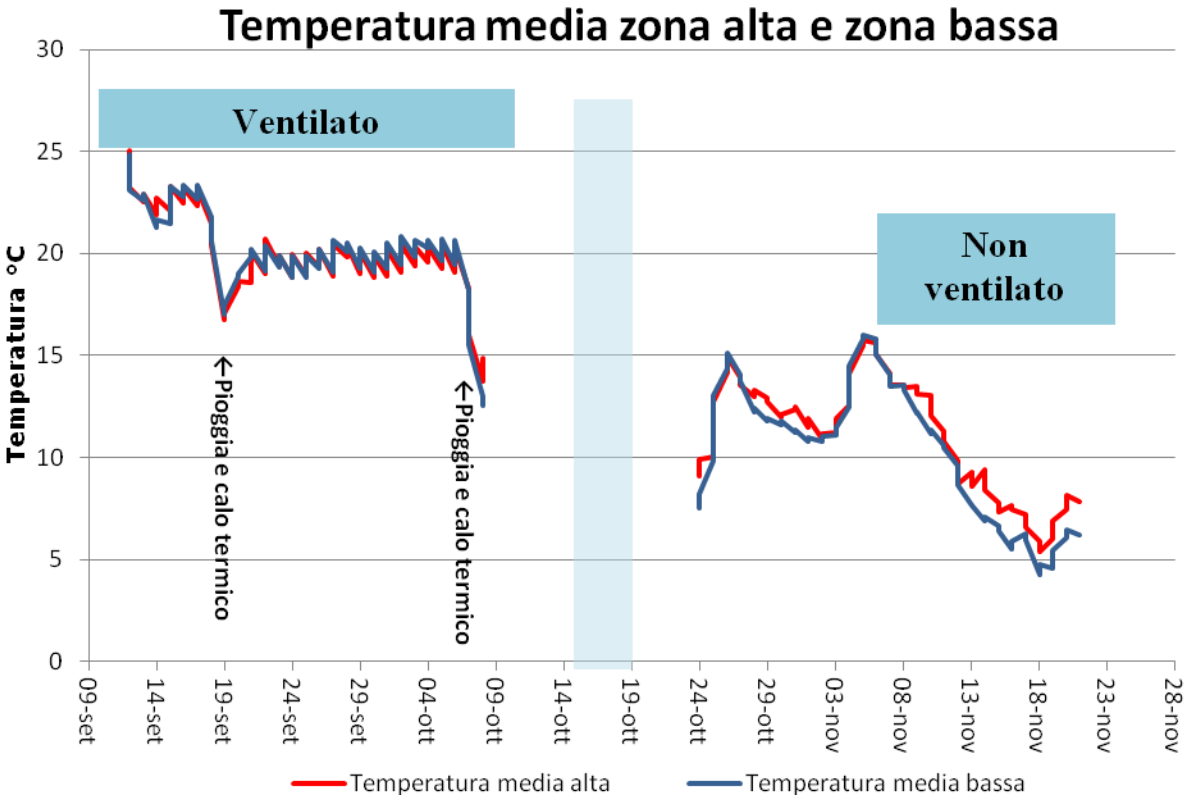


Fig 23: Temperatura media zona alta e zona bassa.

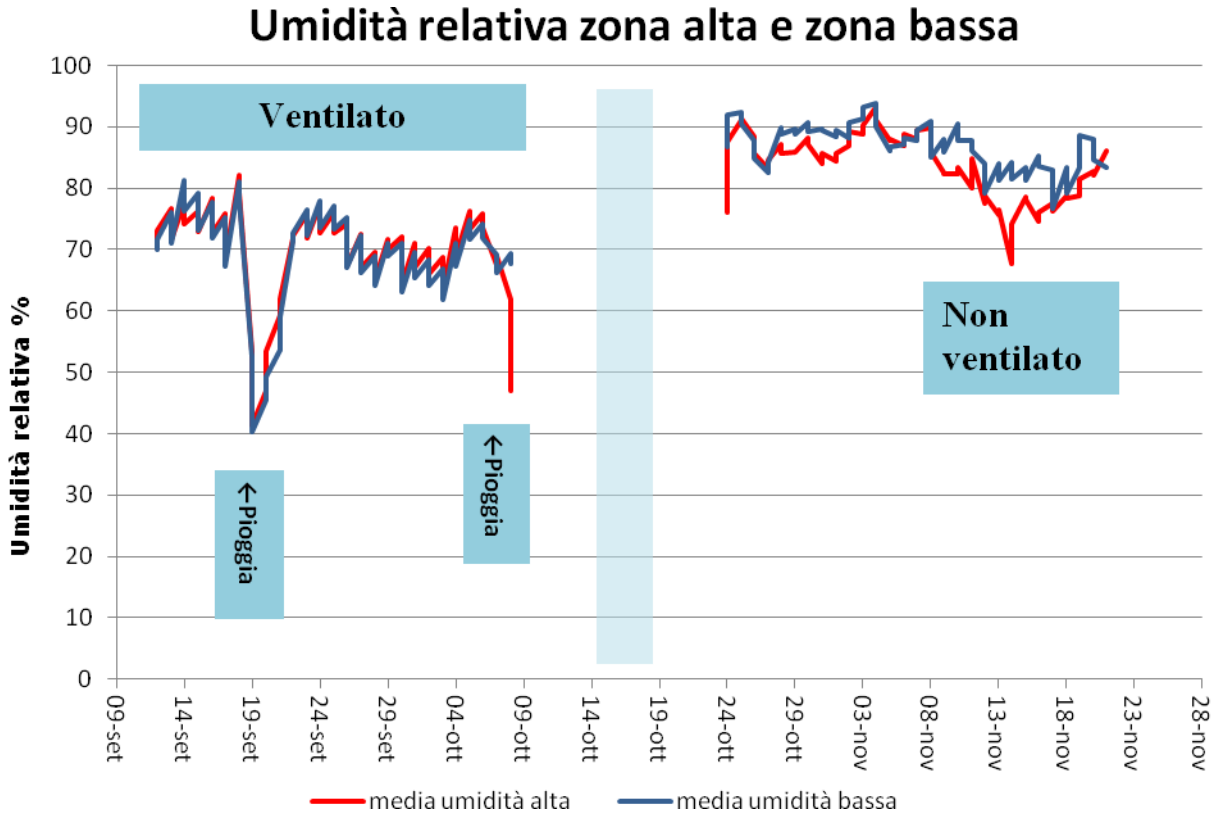


Fig 24: UR media zona alta e zona bassa.

<u>Cinetiche di calo peso</u>

Grazie ai parametri di temperatura e umidità relativa, usufruendo di un diagramma psicrometrico, si è calcolato la quantità d'acqua presente nell'aria (g acqua/Kg aria) alle reali condizioni di temperatura e umidità del fruttaio; successivamente si è calcolato la quantità d'acqua che l'aria sarebbe in grado di contenere a saturazione, ovvero al 100% di umidità relativa, mantenendo fissa la temperatura; la differenza tra i due valori rappresenta la quantità d'acqua che l'aria potrebbe ancora contenere oltre a quella che ha già assorbito alle reali condizioni di temperatura e umidità relativa.

Le uve sono state pesate periodicamente a 4,8 metri di altezza e a livello del pavimento (Tab 5).

Pesata	Data	Corvinone basso (Kg)	Corvinone alto (Kg)	Corvina basso (Kg)	Corvina alto (Kg)
1	28-set	54.45	52.00	53.45	48.15
2	18-ott	47.85	45.15	46.05	41.15
3	03-nov	46.15	43.35	44.20	39.35
4	21-nov	44.40	41.40	41.45	37.40
5	14-dic	43.05	39.85	36.55	35.85

Tab 5: peso delle uve durante l'appassimento.

E' stato calcolato il calo peso % /giorno e si è voluto verificare come viene influenzato dalla capacità dell'aria di assorbire acqua fino al punto di rugiada alle due altezze. L'aria presente negli strati alti presenta una maggiore capacità di contenere acqua rispetto agli strati bassi, questo è meno evidente al 28 Settembre con la ventilazione accesa perché gli strati d'aria sono omogenei, con ventilazione spenta la differenza tra i è molto più ampia come si può osservare il 3 Novembre e il 21 Novembre. Le uve posizionate a 4,8 metri hanno registrato un calo peso % /giorno più elevato rispetto alle uve posizionate in basso, in particolare per la varietà Corvinone.

.

Analisi delle uve appassite

AZIENDA	°BRIX	DENSITA'	°BABO	ACIDITA' TOTALE (g/l)	pH	ACIDO TARTARICO (g/l)	ACIDO L-MALICO (g/l)	ACIDO L-LATTICO (mg/l)	ACIDO ACETICO (mg/l)	ACIDO GLUCONICO (mg/l)	GLICEROLO (mg/l)
A1	28.06	1.1197	23.85	5.30	3.51	5.50	2.28	72.0	54.0	63.2	27.4
A2	31.88	1.1381	27.06	5.85	3.59	5.33	2.53	14.0	121.0	55.3	23.9
A3	32.25	1.1399	25.25	6.80	3.38	5.25	1.94	46.0	40.0	55.3	266.8
A4	31.49	1.1326	26.73	5.70	3.51	5.25	1.28	35.0	94.0		143.7
A5	24.03	1.101	20.44	5.65	3.48	5.44	2.24	49.0	26.0	79.1	20.5
A6	27.82	1.1186	23.65	5.90	3.66	5.25	2.39	42.0	79.0	23.7	47.9
A7	29.67	1.1274	25.21	6.65	3.39	5.67	2.08	63.0	28.0	71.2	362.6
A8	29.47	1.1264	25.04	6.65	3.51	5.50	2.30	54.0	73.0	197.7	277.1
A9	30.68	1.1323	26.06	6.55	3.32	5.23	1.92	129.0	116.0	63.2	30.8
A10	31.70	1.1371	26.90	6.00	3.65	5.47	2.62	49.0	80.0	55.3	140.3
A11	32.41	1.1407	27.49	6.55	3.49	5.34	1.36	42.0	66.0	87.0	160.8
A12	28.84	1.1234	24.52	7.55	3.42	5.61	3.51	70.0	65.0	110.7	61.6
A13	26.24	1.1112	22.31	5.20	3.57	5.31	2.53	37.0	26.0	5.2	160.8
A14	27.03	1.1149	22.98	5.55	3.59	5.47	2.18	55.0	125.0	387.4	239.5
B1	27.42	1.1167	23.31	6.25	3.61	5.27	2.03	17.0	36.0	39.5	6.8
B2	25.34	1.1070	21.55	4.85	3.66	5.31	2.59	51.0	54.0	63.2	13.7
B3	27.87	1.1189	23.70	5.75	3.42	5.25	2.24	40.0	30.0	102.8	78.7
B4	29.70	1.1276	25.24	5.70	3.49	5.31	2.42	37.0	161.0	71.2	362.6
B5	30.31	1.1304	25.75	6.65	3.41	5.47	2.47	31.0	14.0	22.6	112.9
B6	25.32	1.1070	21.53	6.55	3.36	5.42	3.02	196.0	6.0	55.3	23.9
B7	30.00	1.1290	25.49	5.55	3.60	5.25	3.05	83.0	10.0	332.1	65.0
C1	29.98	1.1289	25.47	5.40	3.59	5.23	2.17	60.0	63.0	94.9	123.2
C2	30.79	1.1328	26.15	6.00	3.39	5.67	1.93	21.0	34.0	118.6	41.1
D1	26.50	1.1082	21.77	4.20	3.84	5.23	2.48	1.0	56.0	87.0	133.4
D2	31.57	1.1326	26.80	5.60	3.43	5.20	2.08	18.0	69.0	102.8	116.3
E1	28.39	1.1213	24.13	5.20	3.69	5.44	2.25	63.0	51.0	7.9	44.5
E2	29.34	1.1259	24.94	5.30	3.64	5.56	2.16	38.0	43.0	15.8	92.4
E3	28.83	1.1235	24.50	4.95	3.77	5.25	2.95	46.0	39.0	2.3	92.4
E4	30.40	1.1310	25.84	7.75	3.28	5.27	2.35	30.0	92.0	186.0	236.0
F	28.34	1.1211	24.10	4.75	3.79	5.33	1.70	64.0	45.0	94.9	102.6
G	29.69	1.1275	25.22	5.45	3.53	5.23	1.60	37.0	86.0	1.0	133.4
H	29.82	1.1281	25.33	5.45	3.69	5.41	2.51	144.0	87.0	142.3	215.5
L	30.80	1.1329	26.15	5.95	3.46	5.23	2.09	60.0	62.0	31.6	41.1
M	28.33	1.1210	24.09	5.00	3.78	5.47	2.48	65.0	85.0	31.6	78.7
N	31.70	1.1372	26.92	6.25	3.49	5.31	2.03	68.0	89.0	158.1	51.3
O	35.90	1.1578	30.39	4.90	3.71	5.25	2.51	14.0	4.0	79.1	88.9
P	27.73	1.1182	23.57	4.90	3.67	5.47	2.33	15.0	79.0	15.8	10.3
Q	27.53	1.1172	23.41	5.80	3.66	4.55	2.82	28.0	18.0	55.3	68.4

Tab 5: analisi delle uve alla fine del periodo di appassimento.

Le uve presentano una certa eterogeneità per quasi tutti gli analiti in esame. I valori dell'acido malico, ad esempio, sono molto diversi fra loro e presentano in tre casi specifici una concentrazione troppo elevate, mostrando forse una scarsa idoneità delle uve in questione all'appassimento. I livelli di acido acetico si mantengono abbastanza bassi, livelli maggiori si riscontrano più facilmente sulle uve sottoposte ad appassimenti rapidi in presenza di alte temperature dove si verifica una situazione di ipossia.

Confronto appassimenti a diverse altezze

Un area del appassimento industriale è stato dedicato a una serie di prove sperimentali, indirizzate a capire l'effetto dell'appassimento sul metabolismo dell'acino. La prova è stata strutturata mettendo a confronto le stesse uva poste ad appassire a 3 altezze diverse.

- bancale 1 livello del terreno da 0-150 cm
- bancale 2 da 150-300 cm
- bancale 3 da 300-450 cm

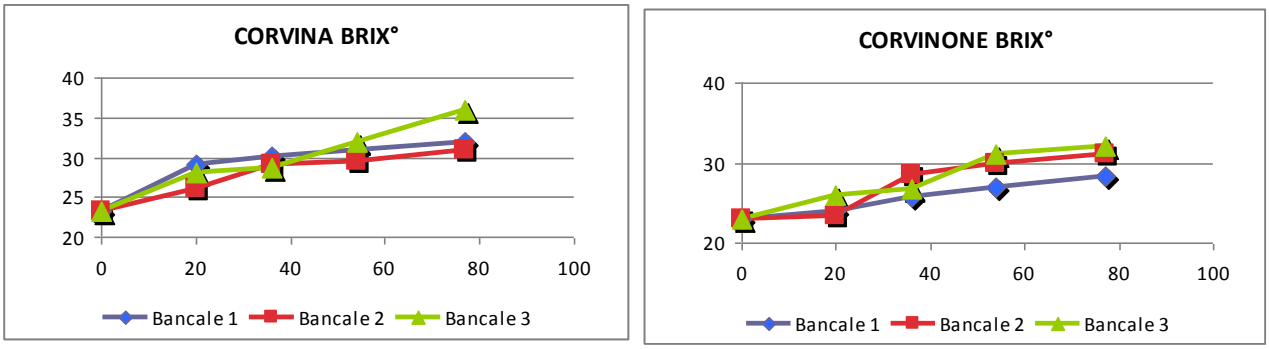
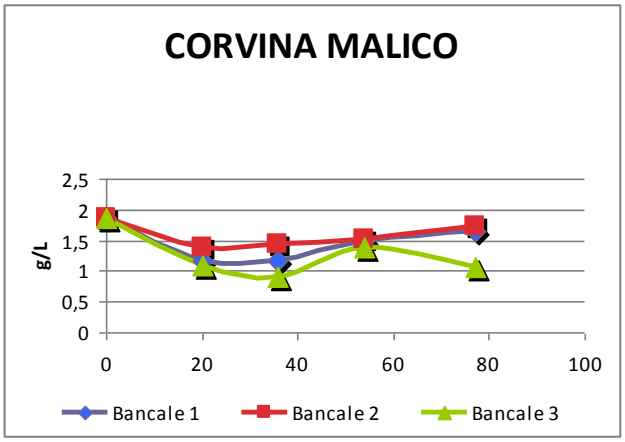


Fig 40: Andamento del grado Brix dei 3 bancali a diverse altezze di Corvina e Corvinone

La Fig 40 riporta in grafico l'aumento della concentrazione zuccherina in scala Brix per le due varietà considerate. L'effetto altezza mostra un leggero effetto che porta i bancali posizionati in basso ad appassire più lentamente e dunque a mostrare un aumento leggermente più blando degli zuccheri.



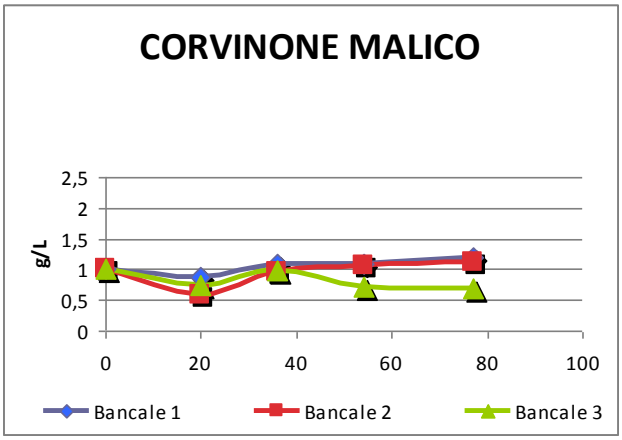
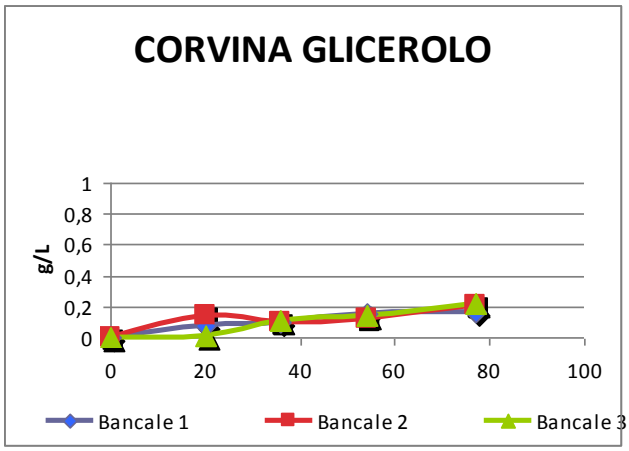


Fig 42: andamento dell'acido malico bancali a diverse altezze di Corvina e Corvinone

L'acido malico (Fig 42) come noto tende a diminuire durante l'appassimento e le tesi poste in alto mostrano un metabolismo degradativo del malico più accentuato, probabilmente per le diverse condizioni ambientali (termo-igrometriche) che si vengono a generare tra la parte alta e la parte bassa dell'appassimento.



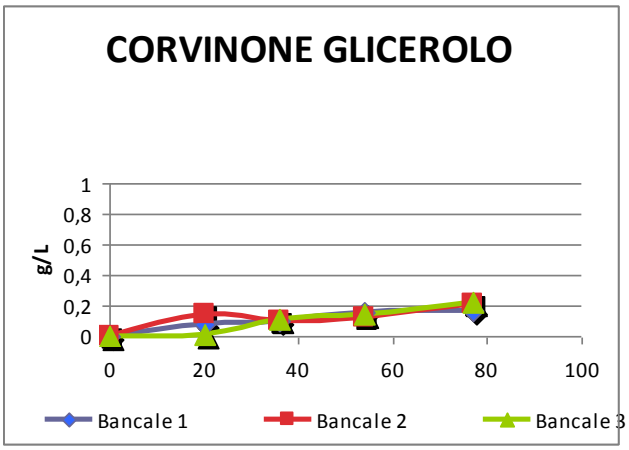
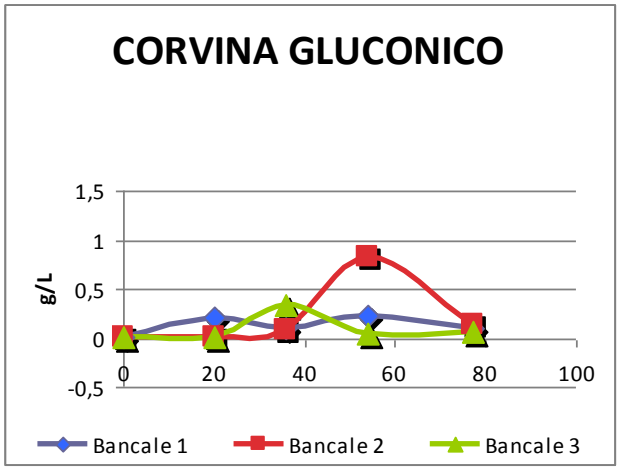


Fig 43: andamento del glicerolo bancali a diverse altezze di Corvina e Corvinone

Il glicerolo riportato in Fig 43 mostra in entrambe le varietà un aumento evidente del suo tenore che comunque a fine appassimento raggiunge un valore inferiore ai 0,2 g/L. Non si evidenziano differenze sostanziali tra la parte bassa e quella alta dell'appassimento.



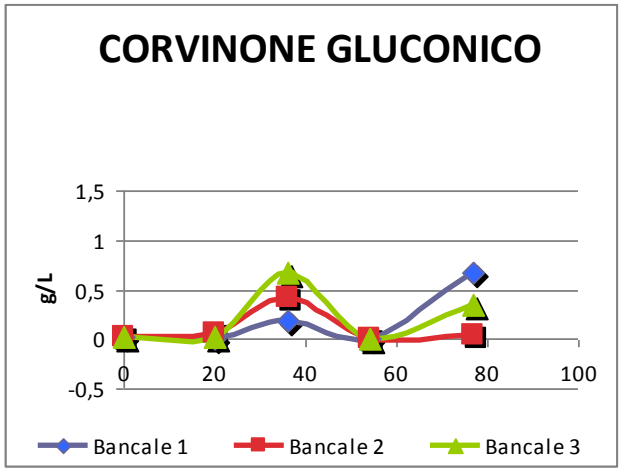


Fig 44: andamento dell'acido gluconico bancali a diverse altezze di Corvina e Corvinone

L'acido gluconico (Fig 44) tracciante della qualità delle uve e della presenza della *Botrytis Cinerea* sulle uve in appassimento tende a rimanere a valori prossimi a 0 anche se in alcuni campionamenti si riscontrano valori leggermente aumentati, forse a causa di una campionatura non perfetta o forse di un qualche problema nella sua conservazione.

Conclusioni

Il lavoro svolto ha permesso di investigare le possibilità di impiego della tecnologia wireless in fruttai d'appassimento.

In fruttaio la presenza di numerosi sensori ha permesso di evidenziare differenze di umidità e temperatura tra la parte superiore e quella inferiore. Infatti i sensori che si trovavano alla stessa altezza riportavano valori molto simili spesso uguali, mentre tra i sensori posti a 50 cm e quelli posti a 3 m si sono osservate differenze significative. Queste differenze si sono rivelate molto più ampie in assenza di ventilazione ed hanno permesso di pianificare la collocazione e l'utilizzo dei sistemi di ventilazione al fine di avere un adeguato ricircolo dell'aria. Una buona ventilazione infatti permette di evitare problemi sanitari così come cinetiche d'appassimento troppo veloci.

In assenza di ventilazione l'aria calda e secca tende a stratificarsi in alto, quella più fredda e umida in basso arrivando a registrare temperature anche di 3°C più alte e un'umidità relativa del 18% più bassa negli strati d'aria a 3 metri d'altezza. La quantità di acqua che l'aria è in grado di sottrarre all'ambiente è maggiore nel primo mese di appassimento, col procedere della stagione le temperature si abbassano e diminuisce la capacità dell'aria di caricarsi di

acqua. Si nota che in assenza di ventilazione gli strati d’aria più alti sono in grado di contenere una maggior quantità d’acqua; questo potrebbe significare che le uve posizionate ad altezze supeiori raggiungono un livello di disidratazione maggiore e un migliore stato sanitario.

In particolare si nota che il plateau offre una maggior resistenza al passaggio dell'aria rispetto ad altri tipi di contenitori ostacolando il flusso d'aria ed accentuando le disformità: sono infatti presenti zone, in vicinanza dei ventilatori, dove il flusso d'aria è elevato ed altre, anche relativamente vicine, dove il flusso è molto ridotto.

Si rende pertanto necessario l'utilizzo di un elevato numero di ventilatori con una disposizione ottimale all'interno del fruttaio in modo da poter mantenere in costante movimento l'aria in ogni parte della stanza ed evitare ristagni di umidità.

Gestione vigneto con l'ausilio di sensori wireless

I vigneti in esame sono stati muniti di una stazione GPRS e di 3 o 4 unità wireless collocate nei filari (fig 1). La stazione GPRS è munita di diversi sensori meteo i quali indicano: pioggia, vento (direzione e velocità), radiazione solare e pressione atmosferica. Ciascuna unità wireless fornisce invece, i seguenti paramentri in tempo reale: temperatura aria, temperatura suolo, umidità aria, umidità suolo, bagnatura fogliare superiore, bagnatura fogliare inferiore, evapotraspirazione, punto di rugiada, indice di Winkler e di Huglin.
I dati sono consultabili 24 ore su 24 tramite un'apposita interfeaccia utente via internet, sulla quale è inoltre possibile creare un'agenda trattamenti e consultare i modelli agronomici per gestire le attività in campo in modo più razionale.

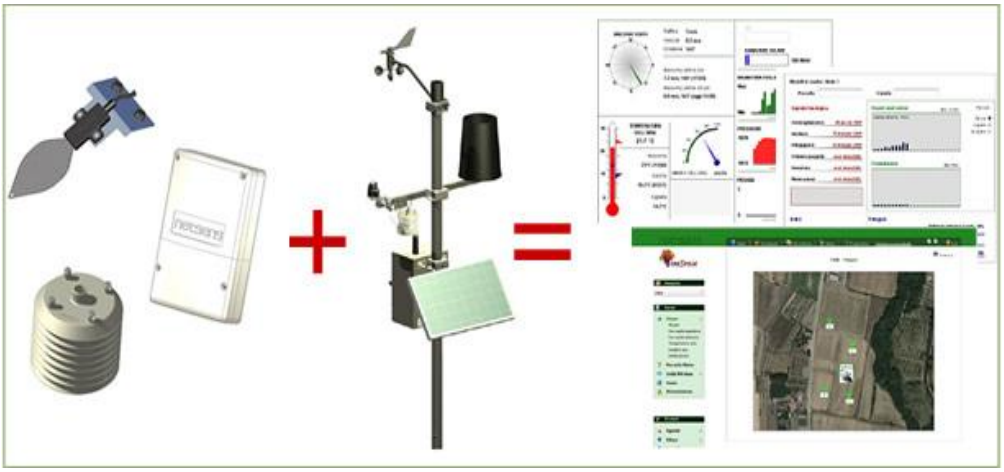


Fig. 1: rappresentazione dei sensori e della capannina meteo

Nel corso di tutta la stagione vegeto-produttiva sono stati monitorati ed elaborati i dati trasmessi dalle unità wireless disposte nei diversi vigneti.
Le informazioni fornite dai sensori si sono rivelate molto utili per una mappatura dei vigneti, differenziando all'interno degli stessi diverse zone in relazione a umidità e temperatura del suolo e dell'aria.

Per ciacun vigneto sono stati fatti ripetuti campionamenti in prossimità di ogni unità wirelss, in modo da poter correlare i dati ottenuti dal sistema con quelli delle curve di maturazione.
Per ogni sensore wi-fi sono infatti stati rielaborati i dati forniti dall'interfaccia web. A partire dal momento in cui si aveva il 50 % dell'uva invaiata è stata seguita tutta la maturazione delle uve attraverso analisi degli zuccheri, delle frazioni acidiche così come di quelle polifenoliche.

VIGNETO 1 (Fieramonte)

All'interno dello stesso sono state installati 4 sensori wi-fi, in corrispondenza delle diverse varietà presenti nell'appezzamento: Corvina (unità 2), Corvinone (unità 1 e 4), Oseleta (unità 3).

Dopo aver monitorato le diverse fasi fenologiche, a partire dall'invaiatura, si sono studiati gli andamenti delle maturazioni effettuando numerose analisi chimico fisiche. L'apertura delle gemme avvenuta intorno alla seconda decade si marzo rientrava nelle medie annuali, mentre si è registrato un caldo sopra le medie stagionali nella prima metà di aprile, che ha notevolmente accelerato le successive fasi di accrescimento dei germogli.
Si è avuta una primavera piuttosto calda (fioritura è avvenuta a metà maggio) a cui però è seguito un periodo con numerose perturbazioni e piogge, con temperature più basse della media e preoccupanti umidità dell'aria dal punto di vista sanitario.

Durante la fase di maturazione si è avuta una fase ancora instabile nella prima metà di agosto seguita da un periodo con temperature nettamente superiori alla media fino a settembre (medie giornaliere superiori ai 26 °C) ad eccezione della pioggia che si è verificata il 3-4 settembre

Nel grafico 1 sottostante si visualizzano gli andamenti di pioggia (verde scuro), umidità dell'aria (giallo) e umidità del suolo (blu), nel corso della maturazione.

Si osservano umidità nella norma con valori medi nelle ore diurne ad eccezione di alcuni picchi (85%-95%) in prossimità di un'abbondante pioggia registrata il 3 e il 4 settembre.

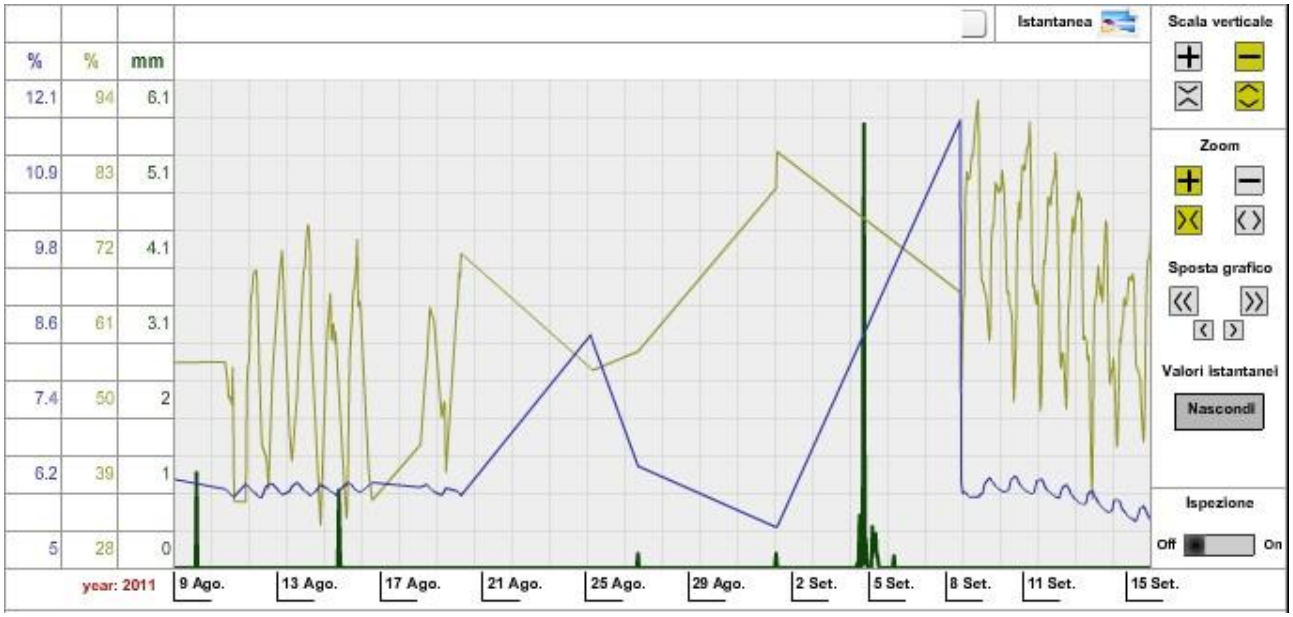


Grafico 1: Pioggia, umidità dell'aria, umidità del suolo nel periodo di maturazione delle uve.

Nel grafico 2 la pioggia è riportata invece come pioggia cumulata degli intervalli tra un campionamento e il successivo.

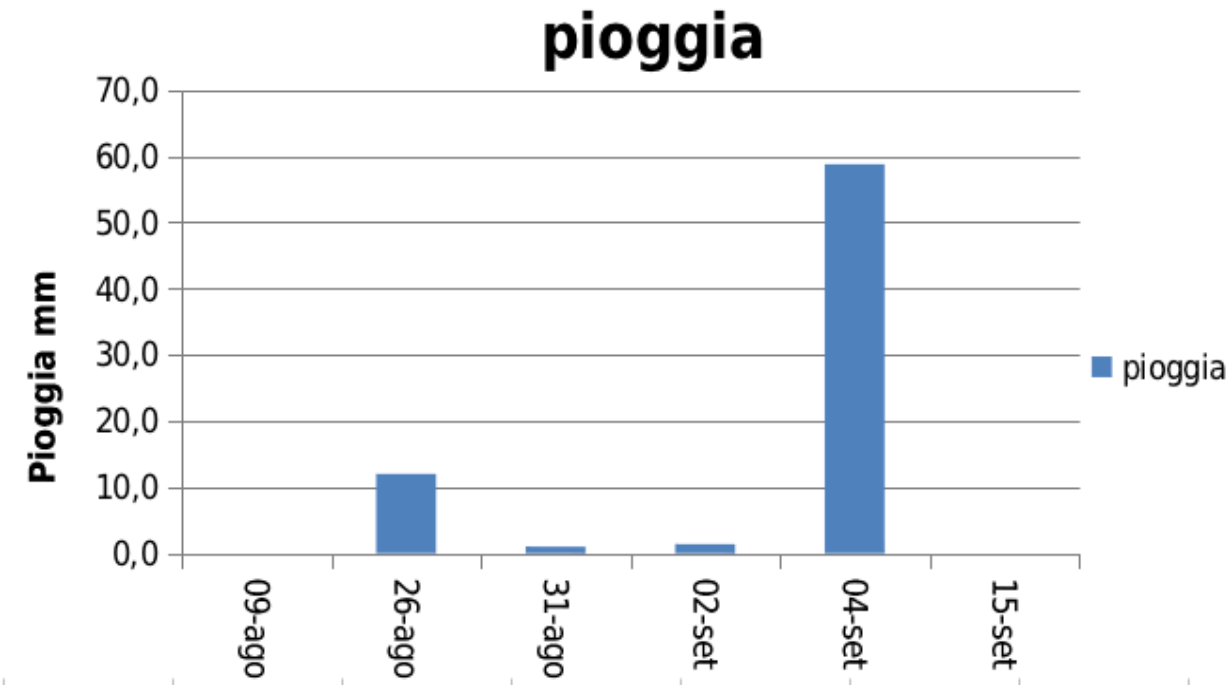


Grafico 2: pioggia cumulata periodo di maturazione delle uve

La mappa 5 è una visualizzazione grafica delle temperature nel corso della maturazione. Sono riportate le temperature medie nel periodo che va dall' 8 agosto sino a data di vendemmia. Si nota una significativa differenza di temperatura all'interno dello stesso vigneto, dove l'unità 4 (in corrispondenza della colorazione rossa) presenta una media delle temperature di 3° C superiore alle altre zone. Sia in questa zona che in quella dell'unità 1 è presente la varietà corvinone. Confrontando le analisi svolte sulle uve campionate nei pressi delle due unità si osservano maturazioni diverse. Ad esempio gli zuccheri al momento della raccolta sono pari a 19,65 °brix nella zona più fredda,mentre arrivano a 20,59 °brix in corrispondenza dell'unità 4. Stessa cosa per l'acido malico che cala in modo più sostanzioso nella zona più calda arrivando a un valore 1,21 g/L a vendemmia, mentre in corrispondenza dell'unità 1 troviamo 1,81 g/L.

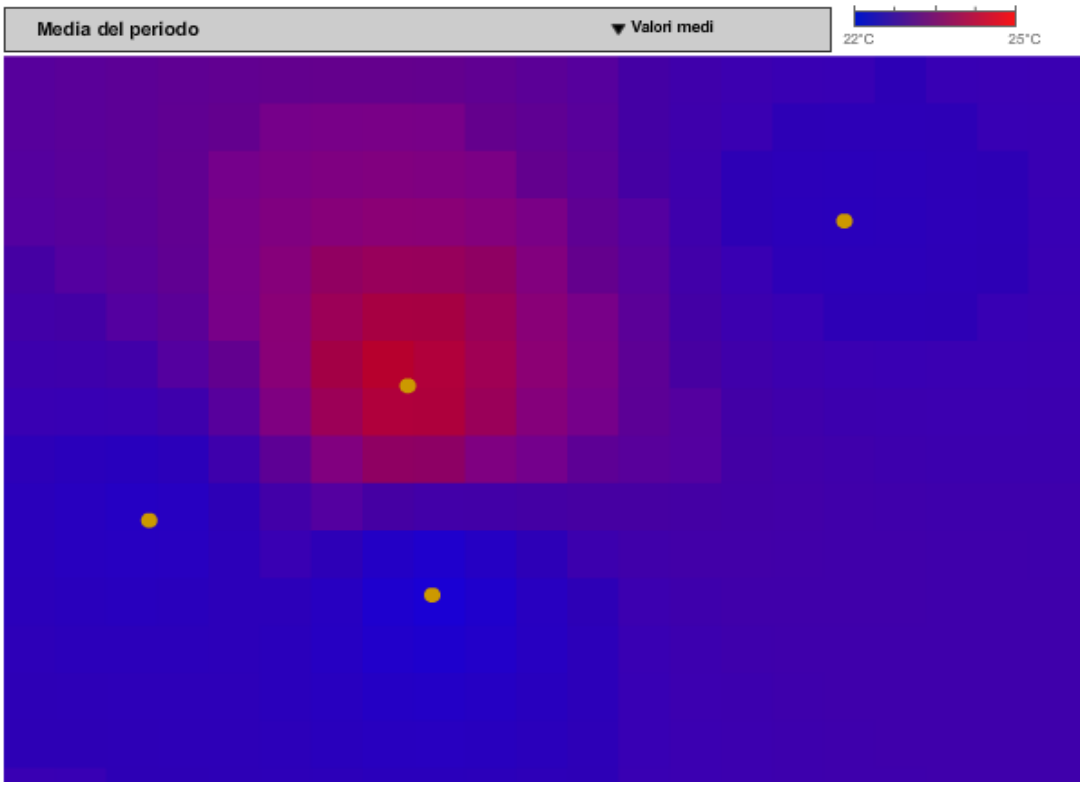


Figura 5: Vigneto 1 mappe delle temperature medie registrate nel periodo di maturazione

Per ciascuna unità wi-fi si sono effettuati 6 campionamenti nel corso della maturazione, e numerose analisi chimiche al fine di ottenere curve e indici di maturazione da correlare ai dati microclimatici rilevati.

UNITA' 1 -Corvinone-

I sensori dell'unità wirless 1 sono posizionati all'interno dei filari dove è presente la varietà corvinone.

Nella tabella 1 sono riportati tutti i dati ottenuti dalle analisi

Allegrini 1 - Corvinone - Unità 1		A					
Numero campionamento		1	2	3	4	5	6
Data Campionamento		09-ago	26-ago	31-ago	02-set	08-set	15-set
Numero grappoli		6					
Somma peso grappoli		1973,04					
Peso medio grappolo		328,84					
Peso 50 acini		127,61	125,27	123,58	107,95	127,02	133,53
		121,81	141,39	126,06	128,23	126,92	133,53
		133,47	104,60	129,69	111,29	118,29	128,05
			128,76	130,47	87,73	124,08	122,35
Peso medio 50 acini		127,63	125,01	127,45	108,80	124,08	129,37
Peso medio acino		2,55	2,50	2,55	2,18	2,48	2,59
Zuccheri (°Brix)		13,17	17,35	19,67	19,35	19,7	19,65
Zuccheri (g/L)							
Zuccheri (°Babo)		11,19	14,74	16,72	16,45	16,75	16,7
pH		2,32	3,26	3,34	3,29	3,46	3,32
Acidità Totale (g/L)		18,75	9,60	7,75	8,31	7,10	6,80
Acido Tartarico (g/L)		5,22	4,88	4,72	3,27	5,20	5,86
Acido Tartarico new (g/l)		4,88	4,79	4,84	4,73	4,58	4,63
Acido Malico (g/L)		8,20	3,88	2,46	2,49	2,39	1,81
Acidità Scambiabile (meq/l)		169,0	129,0	121,0	116,0	88,0	82,0
densità mosto a 20°C		1,0532	1,0712	1,0814	1,0798	1,0815	1,0813
Indice Garino - Canina acido tartarico g/L / acido malico g/L		0,6	1,3	1,9	1,3	2,2	3,2
Indice Ferrè acido tartarico g/L / ac. tart. g/L + ac. malico g/L		0,4	0,6	0,7	0,6	0,7	0,8
Indice di Amerine gradi Brix o Balling / acidità totale g/L		0,70	1,81	2,54	2,33	2,77	2,89
Antociani, Indice di estrazione e Polifenoli totali metodo Glories							
pH=1	D.O. 520 cuvetta A	0,314	0,259	0,232	0,296	0,319	0,341
	D.O. 520 cuvetta B	0,1064	0,0163	0,0345	0,022	0,0175	0,0335
	Antociani Potenziali (mg/L)	181,7	212,4	172,8	239,8	264,2	269,1
pH=3,2	D.O. 520 cuvetta A	0,138	0,075	0,117	0,129	0,174	0,196
	D.O. 520 cuvetta B	0,061	0,0024	0,024	0,0106	0,0097	0,0115
	Antociani Estraibili (mg/L)	67,7	63,3	81,4	103,3	143,9	161,4
Indice di estraibilità %		55,9	71,2	49,6	56,5	45,5	42,5
	D.O. 280	0,1019	0,068	0,042	0,038	0,0364	0,0414
IPT		6,3	4,2	2,6	2,3	2,3	2,6

La varietà Corvinone impiantata nei pressi dell'unità 1, si è osservata una prima fase di crescita continua dell'accumulo di zuccheri (grafico 3), i quali sono poi, a partire dai primi giorni di settembre si sono assestati, per rimanere pressoché costanti sino a a data di vendemmia.

L'acidità totale, così come l'acido malico, sono calati fino alla fine di agosto in corrispondenza del forte caldo registrato. Sono poi rimasti entrambi costanti fino alla data di vendemmia, fissandosi a 6,8 g/L l'acidità totale e 1,8 g/L per la acido malico.

L'acido tartarico si è mantenuto costante lungo tutto il corso di maturazione.

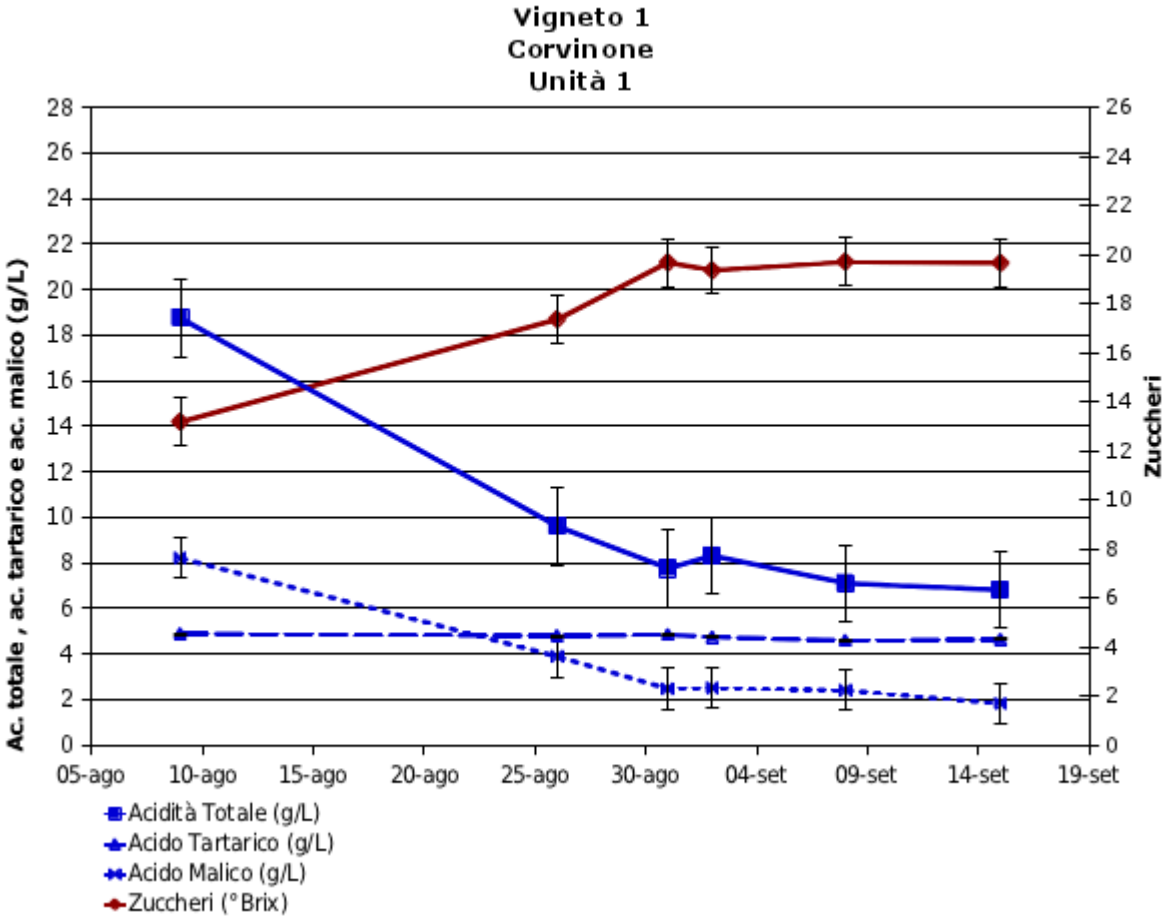


Grafico 3: curve di maturazione corvinone Unità 1, Vigneto 1

Per quanto riguarda la frazione fenolica si sono quantificati gli antociani utilizzando il metodo di Glories.

Gli antociani potenziali e quelli estraibili hanno un andamento simile, con una crescita limitata nella prima fase di maturazione, per poi aumentare in modo più consistente nelle ultime fasi di maturazione soprattutto per quanto riguarda gli antociani estraibili.

Questo andamento si nota anche nella curva dell'indice di estraibilità espresso in percentuale, dove percentuali più basse corrisponde una maggior estrabilità della frazione fenolica.

Se consideriamo il grafico 4 che riporta i dati di acido tartarico e peso medio dell'acino osserviamo un andamento pressoché costante per tutto il periodo di maturazione. Si nota una leggera flessione ad inizio settembre, che potrebbe però essere dovuta ad un errore di campionamento.

L'acido tartarico espresso sia come g/L che come mg/acino si mantiene costante per tutta la durata del campionamento.

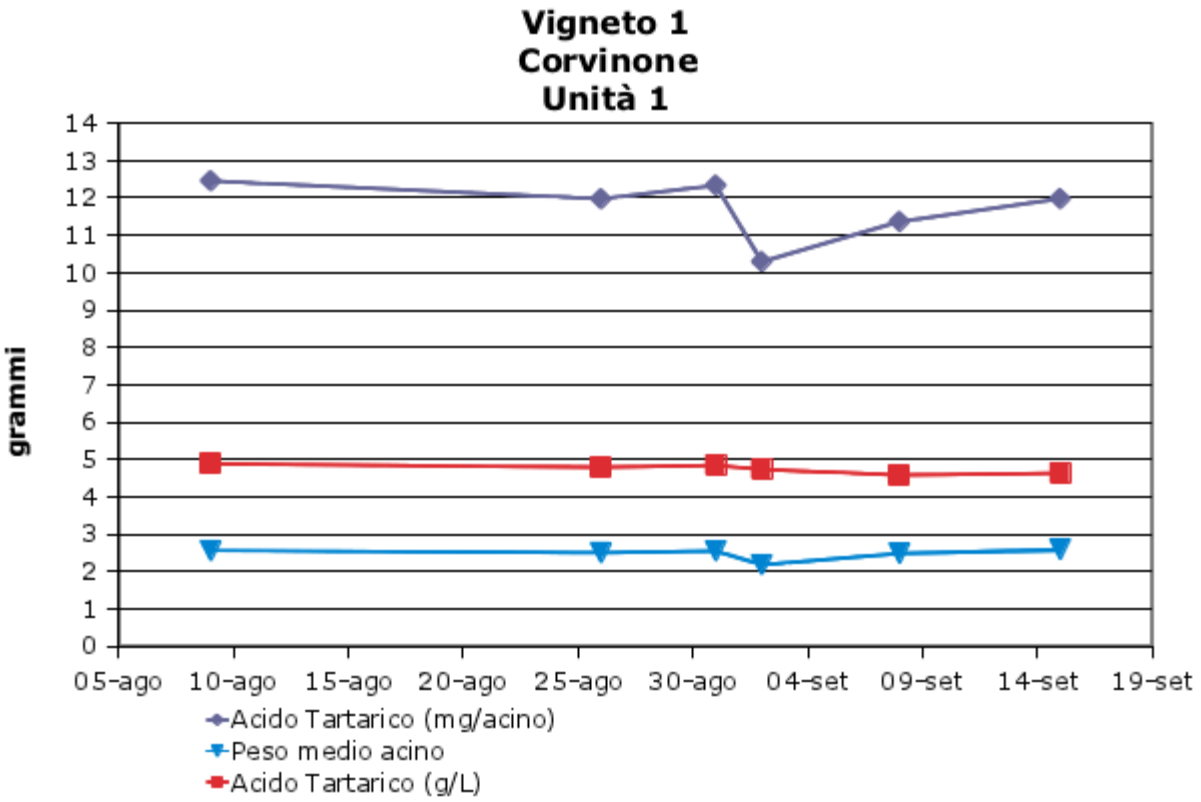


Grafico 4: acido tarico g/L e mg/acino e peso medio acino Unità 1 vigneto 1

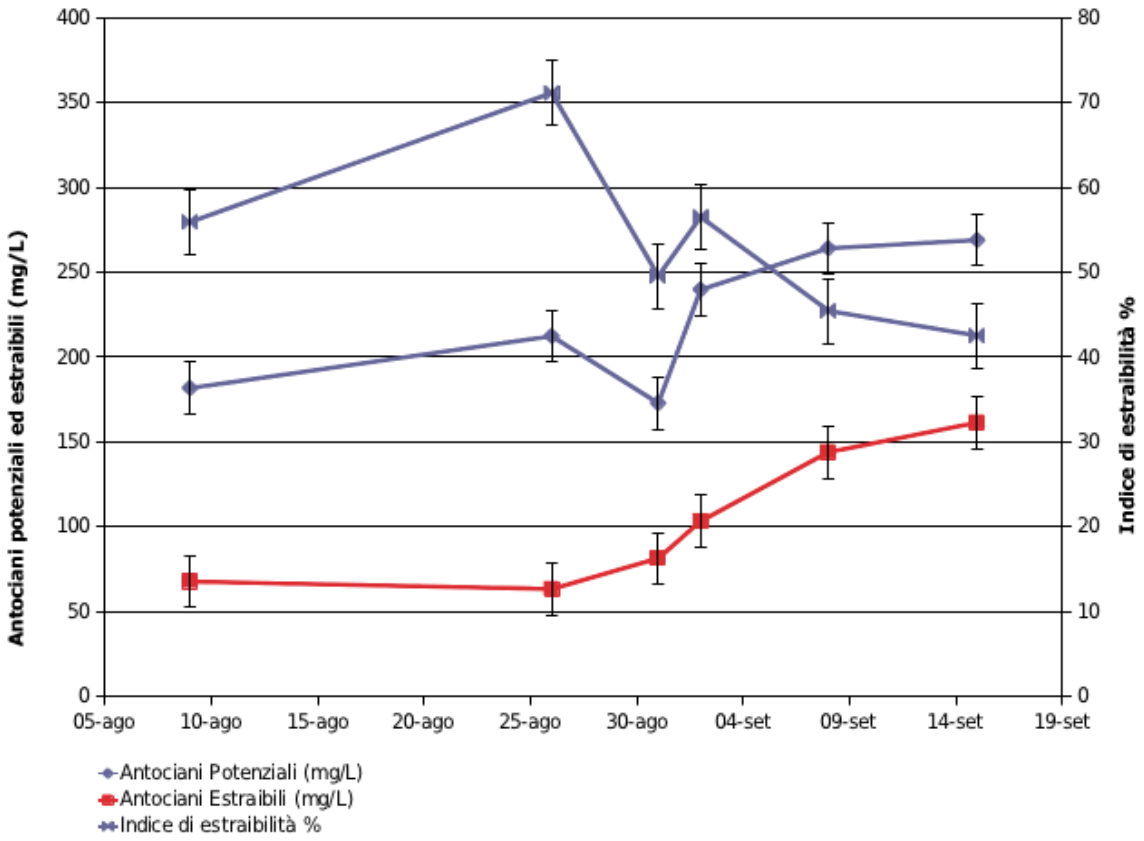


Grafico 5: antociani potenziali, estraibili e indice di estraibilità Unità 1 Vigneto 1

Piogge e loro effetti sull'andamento della maturazione

Il vigneto A riportato in fig.7 è un vigneto di collina che si trova a Sant'Ambrogio di Valpolicella all'altitudine di 300 m s.l. I punti verde sono le posizioni dei sensori wi-fi che sono 4.

Figura 7 sensori vigneto A mappa satellitare

Il vigneto B (fig.8) si trova nel comune di San Pietro Incariano in pianura alle pendici di una collina

Figura 8 Sensori Vigneto B mappa satellitare

Nel corso delle stagioni sono stati monitorati i parametri forniti dai sensori cercando di correlarli con i dati ottenuti dalle analisi sulle uve. Si sono rielaborati i dati relativi alle piogge, riportati nei grafici sottostanti (fig. 4 e 5). La stagione ha registrato un Aprile molto caldo seguito da però da il mese di maggio e giugno in cui le temperature si presentavano leggermente al di sotto delle medie stagionali con numerose perturbazioni. L'invaiatura si è completata nella seconda decade di agosto . Durante il periodo di maturazione i sensori hanno registrato temperature piuttosto alte soprattutto a partire da metà agosto e lungo tutto settembre sino alla raccolta. Come si nota nel grafico (fig.19) le piogge durante la maturazione sono state piuttosto scarse ad eccezione di una forte perturbazione registrata nei giorni 3 e 4 settembre. I dati registrati a livello di umidità del suolo sono in linea con quanto registrato per la pioggia. Nel vigneto B che non è dotato di impianto di irrigazione si sono osservati valori di umidità del suolo piuttosto bassi nel corso della maturazione (stabili intorno al 10% di umidità) con un picco in corrispondenza della pioggia che tende a calare progressivamente nei giorni successivi, ma con una buona capacità di trattenimento da parte del terreno.

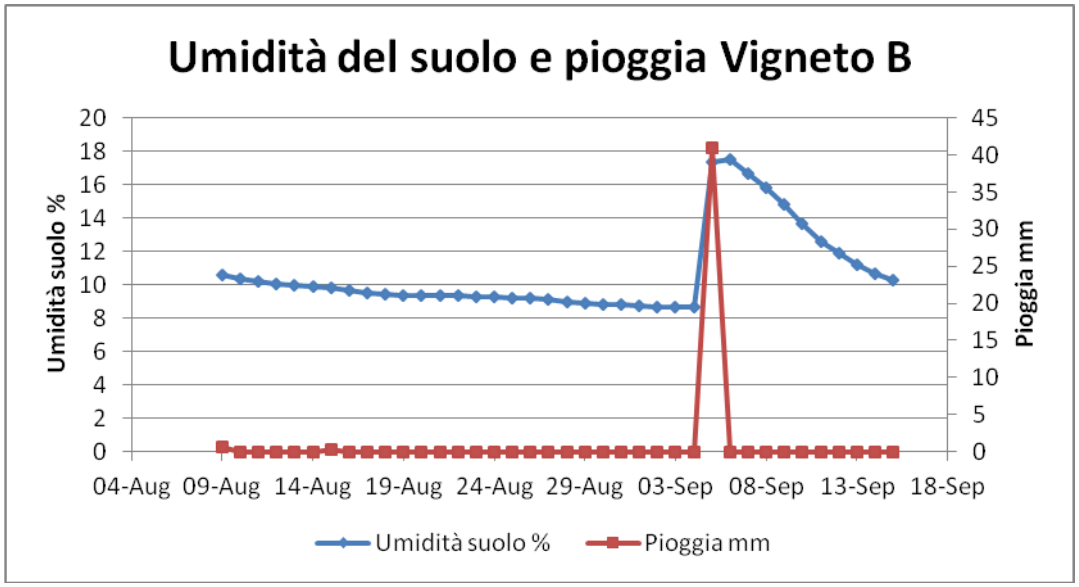


Grafico 19 grafico correlazione pioggia e umidità del suolo Vigneto B

Per quanto riguarda il vigneto A invece il grafico si presenta diverso. Durante le prime fasi di maturazione , infatti, si erano registrati valori di umidità del suolo troppo bassi (inferiori all'8%). Si era quindi a conoscenza di un leggero stress idrico della pianta prima che fosse visibile in vigneto. Si sa, infatti che non ci si può affidare solo all'analisi visiva delle foglie, in quanto il manifestarsi dello stress nell'apparato aereo è conseguenza di un blocco dell'attività di assimilazione dell'apparato radicale, ed è un fenomeno che appare quando lo stress è già presente da tempo e dunque manca di tempestività. Sulla base di questo si era deciso quindi di intervenire con l'irrigazione. Nel grafico (grafico.20) è ben visibile il momento dell'irrigazione effettuata il 29 agosto, con essa si è arrivati ad avere il 18 % di umidità e una presenza di acqua sopra il 10 % fino alla pioggia del 4 settembre.

Con questi sensori è quindi molto più facile gestire al meglio la somministrazione di acqua, utilizzando l'irrigazione in modo razionale e senza sprechi.

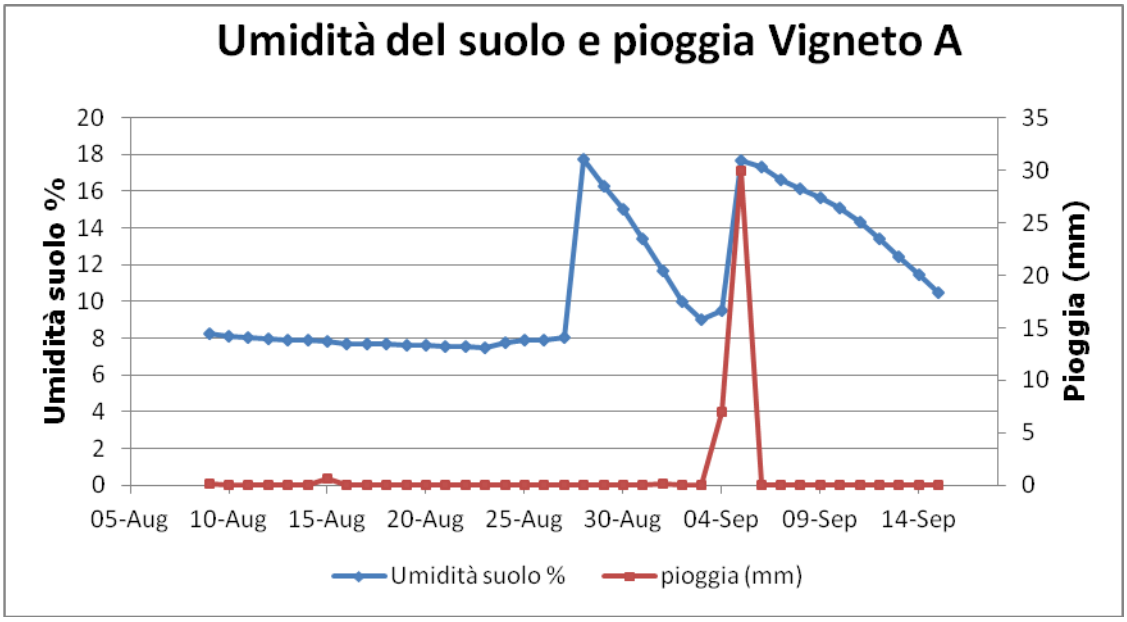


Grafico 20 grafico correlazione pioggia e umidità del suolo vigneto A

Nel grafico (grafico.21) si sono riportate tutte le piogge stagionali registrate nel vigneto A. Si evidenzia, come detto sopra, un mese di giugno molto piovoso che ha ritardato leggermente la fioritura.

La stesa cosa è visibile anche nel grafico del vigneto B (grafico.22), dove sono ancore più evidenti le piogge della prima settimana di giugno. In questo vigneto inoltre si sono registrate piogge più abbondanti rispetto al vigneto A nel corso di tutto il mese di luglio.

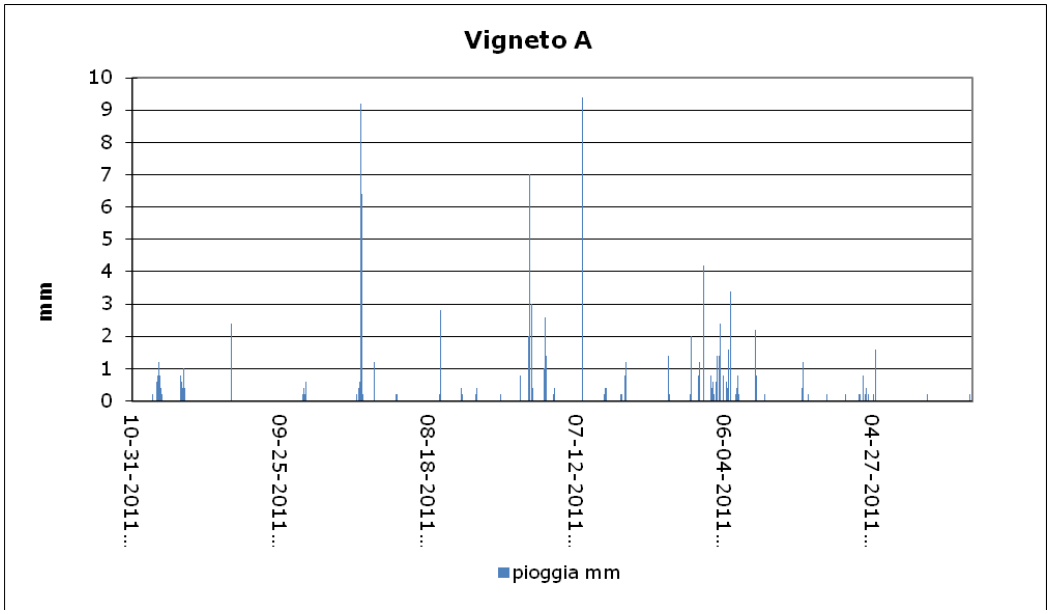


Grafico 21 piogge (mm) aprile-ottobre vigneto A

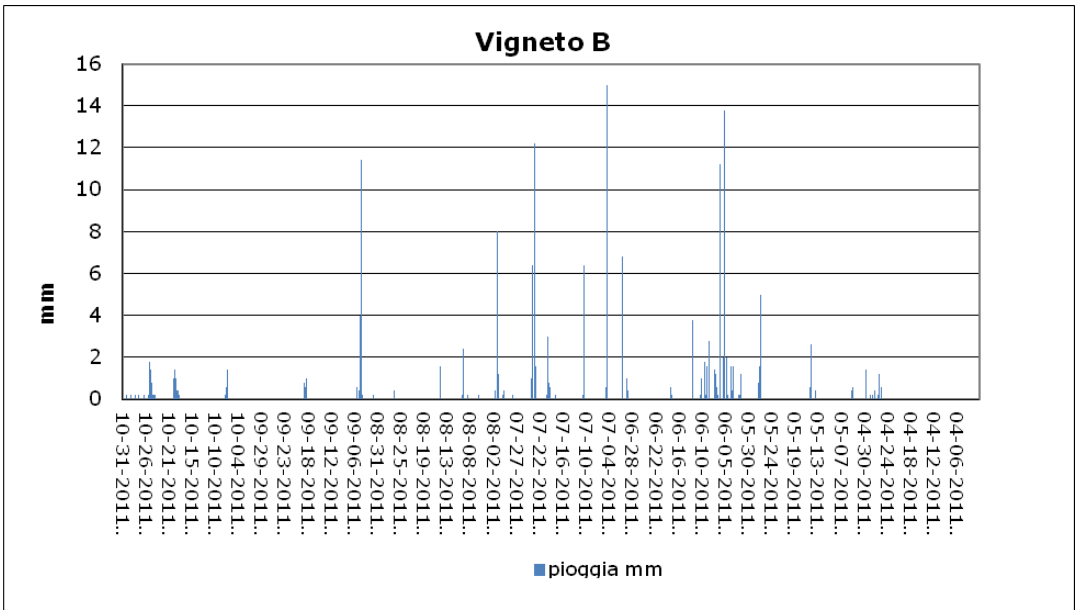


Grafico 22 piogge (mm) aprile-ottobre vigneto B

Per ciascun vigneto e in corrispondenza di ciascuna unità sono stati effettuati diversi campionamenti nel corso della maturazione.

Si sono svolte analisi delle acidità (totale, scambiabile, pH, acido malico e tartarico), degli zuccheri e delle componenti polifenoliche. A seguire vengono riportati i grafici delle curve di maturazione.

Nel vigneto A sono presenti due varietà autoctone: Corvina e Corvinone. Le unità 1 e 3 sono in prossimità della corvina, mentre l'unità 2 è in prossimità del Corvinone.

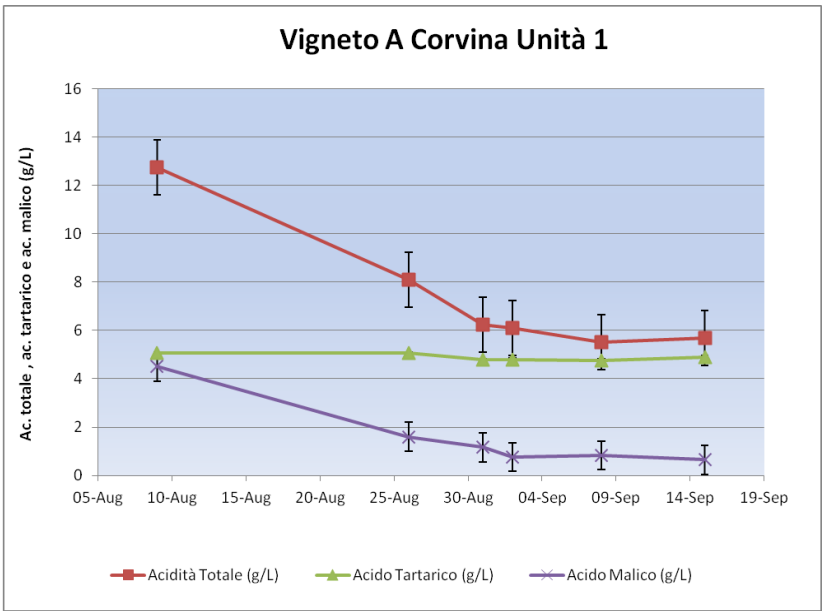


Grafico 23 andamento della costituente acida della Corvina vigneto A unità 1

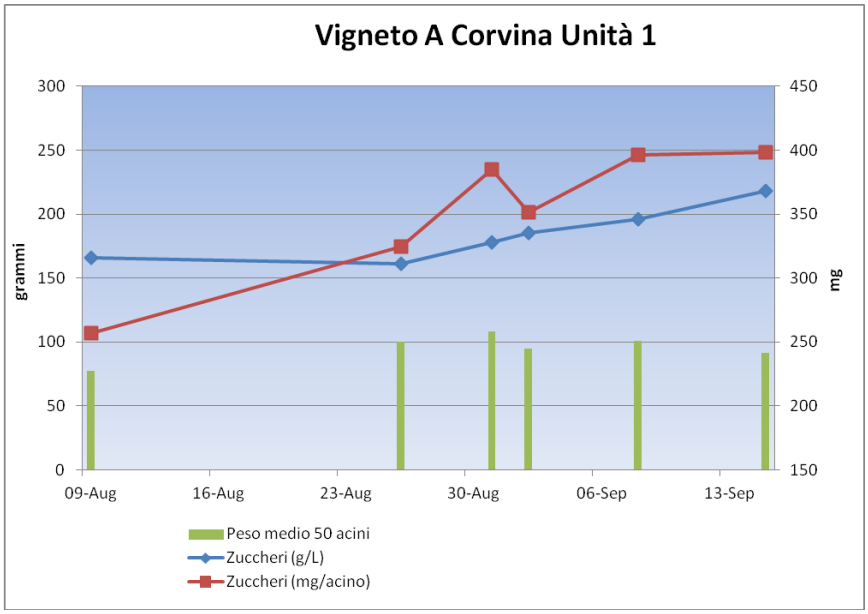


Grafico 24 andamento della costituente zuccherina espressa in mg/acino e in g/L della Corvina vigneto A unità 1

Il vigneto A mostra una diminuzione dell'acidità nella Corvina(Grafico 23) importante dal primo campionamento del 10 Ago, fino a circa il 10 di Sep, da questa data la diminuzione risulta meno accentuata. Come si può vedere l'acido tartarico tra le componenti acide considerate e quella che rimane invariata durante tutta la fase monitorata, il decadimento dell'acidità totale è del tutto a carico dell'acido malico composto soggetto a respirazione da parte della bacca, soprattutto a

temperature elevate. L'andamento degli zuccheri (Grafico 24) mostra come atteso un progressivo aumento per tutto il periodo monitorato, interessante notare che nel campionamento successivo al 30 Ago, ci sia un importante diminuzione degli zuccheri espressi come mg/acino, probabilmente a causa di una disidratazione dell'acino, come evidenziato anche dal peso medio, e dal calo dei mg/acino di zuccheri, indice di uno stress che ha portato a una metabolizzazione degli zuccheri della bacca.

Vigneto A Corvina unità 1

Date campionamenti	**9-ago**	**26-ago**	**31-ago**	**2-set**	**8-set**	**15-set**
Giorni trascorsi tra due campionamenti		17	5	2	6	7
T media tra due campionamenti °C		26.92	25.04	23.18	22.67	24.23
Ac. Malico g/L	4.5	1.6	1.16	0.76	0.76	0.64
Δ Acido malico g/L		2.9	0.44	0.4	0	0.19
Calo giornaliero ac. Malico mg/L		0.171	0.088	0.20	0	0.027
mg ac. Malico consumato/Kg uva		159.92	81.97	185.90	0	24.92

Grafico 25 andamento dell'acido malico della Corvina vigneto A unità 1

La grafico 25 sintetizza in una tabella la velocità di metabolizzazione dell'acido malico, come detto l'acido malico tende a diminuire maggiormente con le alte temperatura. Nel caso considerato le temperature medie del periodo leggermente differenti tra loro non giustificano una metabolizzazione cosi diversa nei vari periodi. Interessante notare come la velocità di consumo dell'acido malico sia diversa durante la maturazione, aspetto interessante da tenere in considerazione per il raggiungimento di una maturazione completa anche per quanto riguarda la componente acida.

Conclusioni

Il lavoro svolto ha permesso di investigare le possibilità di impiego della tecnologia wireless in vigneto.

In vigneto l'utilizzo di sensori wireless, si è rivelato un sistema efficiente per lo studio, e più in generale, per le conoscenze del microclima delle diverse aree. La possibilità di avere dati reali e puntuali ha evidenziato come anche all'interno dello stesso vigneto (anche se di piccole dimensioni), vi siano differenze significative per numerosi parametri presi in esame (temperature e umidità di suolo e di aria, bagnatura fogliare etc...), riscontrabili anche nei dati analitici. Si sono osservate zone con maggiori esposizioni solari, o con temperature più elevate di altre, così come si notano zone in cui vi è un maggior ristagno di umidità e quindi più sensibili all'attacco da parte di patogeni.

Il maggior vantaggio dei sensori wireless rispetto alle capannine meteo “convezionali” è quindi sicuramente quello di poter avere valori più precisi e puntuali che permettono una mappatura dei vigneti e un controllo 24 su 24 con un semplice collegamento a internet.

Le problematiche emerse riguardano l'insorgere di problemi legati alla ricezione del segnale o al livello di carica delle batterie, che tuttavia si sono verificati molto raramente. E' necessario inoltre correlare i valori ottenuti dalle analisie gli interventi agronomici in campagna con il quadro fornito dalle registrazioni, al fine di attuare dei miglioramenti attraverso una razionalizzazione e una maggior precisione della gestione del vigneto.