



MARITTIMO - IT FR - MARITIME
TOSCANA - LIGURIA - SARDEGNA - CORSICA



LA METEOROLOGIA AL SERVIZIO DELLA VITICOLTURA IN LIGURIA



Programma cofinanziato con
il Fondo Europeo
per lo Sviluppo Regionale



Programme cofinancé par les
Fonds Européen
de Développement Régional



In collaborazione con:



Ruggero Petacchi - Luca Sebastiani
Scuola Sant'Anna di Pisa – Istituto Scienze della Vita

Beatrice Pesenti Barili – Antonia Pantera
Regione Liguria – Servizi alle Imprese Agricole e Florovivaismo

Diego Guidotti
Aedit srl

LA METEOROLOGIA AL SERVIZIO DELLA VITICOLTURA IN LIGURIA



Arnus
University Books

ISBN 978-886528180-2

© 2013 by Edizioni Il Campano
Arnus University Books – Pisa
Via Cavalca, 67 - 56126 - Pisa - Italia
Tel. 050 580722
info@edizioniilcampano.it

INDICE

	Pag.
1 Introduzione.....	4
2 La viticoltura in Liguria.....	6
3 L'agrometeorologia e la tecnologia <i>wireless</i> nel vigneto.....	7
4 Il progetto.....	8
4.1 Gli attori di progetto e le azioni svolte.....	8
4.2 Descrizione dei due vigneti sperimentali.....	9
4.3 Descrizione della rete di sensori.....	10
5 La scala territoriale utilizzata per ottenere dati.....	13
5.1 Le variabili meteorologiche monitorate nei due vigneti.....	13
5.2 I modelli previsionali.....	14
5.3 Il software di gestione dei dati.....	16
5.4 Descrizione delle problematiche agronomiche affrontate.....	18
6 Risultati ottenuti.....	21
6.1 Variabilità micro-climatica.....	21
6.2 Aspetti economico - gestionali.....	24
6.3 Aspetti applicativi.....	24
7 Analisi tecnico-economica e prospettive future in Regione Liguria.....	24
7.1 Rete agrometeorologica wireless <i>a livello aziendale</i>	25
7.2 Rete agrometeorologica wireless <i>a livello di comprensorio agricolo</i>	27
8 Glossario.....	28
9 Domande frequenti.....	29
10 Sitografia.....	29

Presentazione

L'Assessorato all'Agricoltura della Regione Liguria ormai da anni si sta impegnando nel supporto specialistico ai viticoltori liguri, fornendo ogni settimana un servizio organico e capillare attraverso i bollettini e gli SMS vite.

In aggiunta a questo modello di assistenza la Regione Liguria ha voluto sperimentare un nuovo tipo di servizio tramite un Progetto finanziato dalla Comunità Europea – MARTE+ -, il cui obiettivo principale è la crescita della competitività nelle aree rurali attraverso l'innovazione: la partecipazione a Marte+ ha permesso di realizzare in forma pilota un nuovo modello di assistenza tecnica specializzata, attraverso l'introduzione di una rete meteo di microsensori wireless (wifi) nei vigneti.

L'innovazione nel campo della microelettronica e nella telecomunicazione assicura infatti la possibilità di elaborare una grande quantità di dati in tempo reale e a costi contenuti, monitorando il vigneto e adeguando la gestione agronomica e la difesa sulla base delle esigenze e degli stati di stress delle piante.

La collaborazione con la Scuola S. Anna di Pisa ha consentito la progettazione e l'installazione del sistema di reti in due vigneti liguri con l'obiettivo finale di razionalizzare gli interventi fitosanitari e agronomici e di conseguenza contenere i costi di lavorazione e migliorare la qualità delle produzioni.

Questo volume, descrivendo l'innovazione tecnologica introdotta, la sua realizzazione pratica, l'analisi dei risultati ottenuti e l'aspetto tecnico economico dell'installazione, permette di capire come poter applicare questa tecnologia alla propria realtà aziendale e quali sono i costi e i benefici che questa tecnologia comporta.

In conclusione la diffusione di nuove tecnologie di semplice applicazione e buona sostenibilità economica può rappresentare un incentivo per le aziende liguri per acquisire competitività in un mercato dove le piccole produzioni vengono premiate se sono di qualità.

L'ASSESSORE ALL'AGRICOLTURA - REGIONE LIGURIA

GIOVANNI BARBAGALLO

1. Introduzione

“Mare, Ruralità e Terra: potenziare l’unitarietà strategica” è il titolo del Progetto strategico (acronimo MARTE+) approvato nell’ambito del Programma Marittimo Italia - Francia. Tale progetto ha visto la partecipazione delle quattro regioni transfrontaliere, Toscana (capofila), Sardegna, Liguria e Corsica.

L’obiettivo principale è “favorire lo sviluppo congiunto dell’innovazione e dell’imprenditorialità, nell’obiettivo più ampio della competitività delle aree rurali e del turismo, allo scopo di accrescere la competitività dell’area di cooperazione all’interno di un più ampio spazio mediterraneo ed europeo.”

MARTE+ persegue l’obiettivo di cui sopra attraverso una serie di sottoprogetti, uno di questi (sottoprogetto SC) si articola in un complesso di azioni finalizzate al “trasferimento dell’innovazione attraverso azioni pilota in aree rurali e marginali” ossia nei “difficili” contesti agricoli dell’area transfrontaliera.

La Regione Liguria, nell’ambito del sottoprogetto SC, ha proposto un intervento finalizzato all’avvio di un progetto innovativo sul monitoraggio fenologico e meteorologico a livello di azienda viticola, utilizzando nuovi strumenti di comunicazione (*rete wireless e web*).

In particolare l’azione pilota consiste nel creare delle microreti aziendali wireless che, in tempo reale attraverso il web, informano l’azienda sull’insorgere di rischi o stati di stress nel vigneto attraverso un sistema di rilevamento ed elaborazione di dati meteo e la contestuale applicazione di modelli agrometeorologici.

La Regione Liguria ha pertanto indetto un bando per la presentazione di progetti in grado di realizzare il sistema sperimentale di cui sopra; la Scuola Superiore di Studi Universitari e di Perfezionamento S. Anna – Istituto Scienze della Vita - ha presentato un progetto operativo risultato idoneo ed è pertanto divenuta affidataria dell’incarico.

A partire dal mese di gennaio 2012 sono iniziati, da parte della Scuola Sant’Anna e della Regione Liguria, i sopralluoghi volti alla realizzazione e all’installazione delle due reti di monitoraggio agrometeorologico in un’azienda viticola nel Comune di Sarzana (SP) e nel vigneto sperimentale della Regione Liguria ad Albenga (SV). Le successive fasi hanno riguardato, oltre all’installazione dei sensori nei due siti sperimentali, la gestione dei dati

meteo rilevati dalle reti attraverso l'applicazione web e la prova di funzionamento dei diversi modelli di simulazione fitopatologica presenti nell'applicazione stessa.

Da sempre la Regione Liguria, attraverso i servizi di assistenza tecnica del Centro di Agrometeorologia Applicata Regionale (C.A.A.R.), utilizza i dati meteo della rete di stazioni del Centro Funzionale Meteo – Idrologico della Protezione Civile per correlarli allo sviluppo delle principali avversità della vite e dell'olivo, dando consigli di difesa integrata, calibrati per le varie zone viticole e olivicole, attraverso i bollettini settimanali.

Infatti le avversità delle piante sono influenzate dall'andamento meteorologico stagionale e dalle condizioni colturali: mentre si possono modificare le tecniche di coltivazione non è possibile intervenire sul clima. Così può succedere che, in certi anni, con determinati andamenti meteorologici, alcune malattie e infestazioni non compaiano o non determinino comunque gravi perdite produttive; al contrario, in altri anni, queste possono essere in grado di svilupparsi in modo tale da compromettere la produzione, se non opportunamente controllate. L'andamento meteorologico è anche responsabile di anticipi o ritardi nella comparsa delle infestazioni e delle infezioni.

La promozione della Difesa Integrata da parte delle Regioni, con l'obbligo a partire dal 1/1/2014 per gli utilizzatori di prodotti fitosanitari di applicare i principi generali di difesa integrata, così come prevedono sia l'art. 19 del dlgs 150/2012 già in vigore sia il Piano Azione Nazionale (PAN) di prossima adozione e il maggior rispetto verso l'ambiente hanno portato a rivedere quelle strategie di difesa che non tengono conto del reale andamento delle avversità (*difesa a calendario*). I monitoraggi effettuati nella propria azienda possono invece evitare di far trattare in assenza di patogeni o di insetti, inoltre si può valutare se la malattia o l'infestazione si mantengono a livelli tali da non giustificare interventi chimici (*sotto soglia di intervento*): tutto ciò può ridurre fortemente l'uso dei prodotti chimici e limitarne l'impiego solo allo stretto necessario.

Con questo progetto si offre la possibilità al viticoltore di conoscere e quantificare le variabili meteorologiche nel proprio vigneto a livello di microscala attraverso la rete di monitoraggio wireless, che si configura come uno strumento innovativo di supporto alle decisioni in tema di difesa, irrigazione, gestione della raccolta e altre operazioni.

Il nuovo sistema potrebbe essere inizialmente di difficile comprensione da parte del viticoltore, che dovrà essere quantomeno affiancato da figure specialistiche in grado di aiutarlo ad interpretare determinate situazioni, ma alla luce delle nuove normative in materia di trattamenti fitosanitari e di una variabilità climatica in corso, si ritiene che sistemi del genere debbano diventare uno strumento da diffondere tra i viticoltori e gli agricoltori in generale.



2. La viticoltura in Liguria

In Regione Liguria la gestione del territorio viticolo è piuttosto difficile per l'esiguità e la frammentazione delle superfici e per la pendenza dei versanti. La dimensione media degli appezzamenti vitati in generale è di 3000 - 5000 mq, soprattutto quelli destinati alla produzione di vini DOC o IGT.

Nonostante questi limiti strutturali la viticoltura in Liguria è cresciuta, puntando su una produzione di qualità dovuta da una parte alla coltivazione di vitigni autoctoni, dall'altra al miglioramento della gestione dei vigneti e dei metodi di vinificazione. I dati dimostrano questo trend: la produzione di vino totale si attesta intorno agli 83.000 hl totali (35.000 hl DOC, 7.000 hl IGT) su una superficie viticola pari 2.337 ha con oltre

1700 aziende che producono vini DOC (*dati Regione Liguria e Unioncamere Liguria aggiornati al 2009*).

Il “sistema qualità” della viticoltura ligure si esprime in 8 Denominazioni di Origine Controllata e in 4 Indicazioni Geografiche Tipiche: *DOC Ormeasco di Pornassio, DOC Rossese di Dolceacqua, DOC Riviera Ligure di Ponente, DOC Val Polcevera, DOC Golfo del Tigullio - Portofino, DOC Colline di Levante, DOC Cinque Terre, DOC Colli di Luni, IGT Liguria di Levante, IGT Colline del Genovesato, IGT Colline Savonesi, IGT Terrazze dell’Imperiese*.

Tra le uve a bacca bianca il vitigno più diffuso in tutte le quattro province liguri è il Vermentino, seguito da Pigato e Lumassina per la provincia di Savona, Bosco e Albarola per La Spezia, Bianchetta genovese e Moscato bianco per Genova.

Tra le uve a bacca nera il Rossese di Dolceacqua, l’Ormeasco, la Granaccia e il Cilieggiolo sono i vitigni più rappresentativi.

A questi vitigni “maggiori” si aggiungono di recente alcuni vitigni riscoperti tramite l’attività di valorizzazione del patrimonio varietale autoctono ligure intrapresa dall’Assessorato Agricoltura che ha portato ad un recupero capillare su tutto il territorio regionale delle varietà autoctone minori. Ciò ha permesso di realizzare nel 2003 il vigneto collezione situato ad Albenga dove per anni sono state svolte valutazioni e rilievi per approfondire la biodiversità presente tra i vitigni. In questo contesto la riscoperta del Ruzzese e del Moscatello di Taggia, due vitigni autoctoni a bacca bianca di particolare valore enologico, è stato uno dei risultati di maggiore interesse per quanto riguarda l’estensione della piattaforma ampelografica regionale. Lo stesso Ruzzese nel 2009 è stato iscritto al Catalogo Nazionale delle varietà di vite.

In questo contesto è stata realizzata la prova pilota del progetto Marte+ riguardante la realizzazione del sistema di monitoraggio agrometeorologico in vigneto

3. L’agrometeorologia e la tecnologia *wireless* nel vigneto

In viticoltura è importante conoscere a scala territoriale di campo o aziendale, quindi con una buona precisione, l’andamento del dato meteorologico che condiziona le problematiche fitopatologiche ed entomologiche (*rispettivamente funghi e insetti*) e gli

stati di stress (*es. idrico*) delle piante. Pertanto la possibilità di differenziare dal punto di vista climatico i diversi appezzamenti di vite nell'ambito dell'azienda consente di effettuare gli interventi di gestione del vigneto con una maggiore precisione. Se a questo aggiungiamo poi l'eventualità di utilizzare modelli previsionali per la simulazione dello sviluppo di funghi e insetti, ne consegue la possibile razionalizzazione della quantità di interventi e la loro riduzione nello spazio, oltre che nel tempo.

Quanto sopra è possibile attraverso:

- tecniche di rilevamento di dati meteorologici che siano tecnologicamente testate e affidabili
- sistemi di archiviazione dati opportunamente progettati
- supporto informatico che aiuti e guidi il produttore a prendere decisioni

Tutte questi aspetti sono stati affrontati anche utilizzando la tecnologia wireless che consente una lettura veloce e capillare del dato agrometeorologico.

La tecnologia wireless in questi ultimi anni è stata sperimentata nella viticoltura di precisione in alcune regioni italiane, come ad esempio il Piemonte (*vedi WEB1 in sitografia*) e la Toscana (*vedi WEB2 e WEB3*). In questi casi l'obiettivo principale è stata la sperimentazione della tecnologia al fine di ridurre i trattamenti fitosanitari. Inoltre di recente la tecnologia wireless associata a tecniche di telerilevamento è stata utilizzata per l'ottimizzazione dell'epoca di raccolta e la gestione selettiva del vigneto (*vedi WEB4*).

4. Il progetto

Il lavoro svolto nell'ambito del Progetto "Marte+", Sottoprogetto SC - Azione 3.2 "Innovazione tecnologica e azione pilota", ha avuto come obiettivo principale la realizzazione di un sistema sperimentale di monitoraggio agrometeorologico che utilizzasse tecnologia wireless.

4.1 Gli attori di progetto e le azioni svolte

Il progetto ha visto lavorare alle varie fasi la Scuola S. Anna nella veste di responsabile scientifico e TDGroup quale partner tecnologico, nonché Aedit srl quale

collaboratore scientifico per i modelli di simulazione delle avversità. La Regione Liguria, attraverso il Centro di Agrometeorologia Applicata Regionale (CAAR), struttura specialistica del settore “Servizi alle Imprese Agricole e Florovivaismo”, ha svolto un’azione di supervisione del lavoro in tutte le fasi di progetto (Fig. 1).



Fig. 1: schema dei vari Enti coinvolti nel progetto con indicazione del loro ruolo

Il lavoro è iniziato con l’individuazione da parte del CAAR di due siti sperimentali (*Sarzana e Albenga*) in cui installare il sistema di monitoraggio agrometeorologico. La Scuola S. Anna e TD Group, a partire da sopralluoghi tecnici, si sono occupati di predisporre una rete di sensori in grado di monitorare le principali variabili meteorologiche utili alla gestione delle problematiche fitopatologiche/entomologiche e del fabbisogno idrico. Relativamente a quest’ultimo aspetto è stato scelto di prevedere il calcolo del fabbisogno idrico solamente nel campo sperimentale di Albenga che è dotato di impianto di irrigazione.

4.2 Descrizione dei due vigneti sperimentali

I due vigneti (Fig. 2) sono stati scelti in base alla loro rappresentatività negli areali del Levante e Ponente ligure. Il vigneto di Sarzana (SP), sito in località Bradia, si estende per circa 3 ha in media collina e presenta una diversa esposizione dei vari appezzamenti vitati con conseguente variabilità di condizioni di coltivazione della vite.



Fig. 2: immagine da satellite dei 2 vigneti sperimentali. Sarzana (*sinistra*) e Albenga (*destra*)

Il sito di Albenga (SV) è il vigneto sperimentale della Regione Liguria ed è stato preso in considerazione anche perché dotato di impianto di irrigazione e quindi interessante per ottimizzare l'uso dell'acqua attraverso la rete di sensori.

4.3 Descrizione della rete di sensori

I sensori utilizzati sono normalmente disponibili sul mercato e la loro tipologia è stata definita in base alle variabili che dovevano essere monitorate (*Fig. 3*):

- temperatura e umidità dell'aria
- bagnatura fogliare
- direzione e intensità del vento
- radiazione solare
- pluviometro
- temperatura e umidità del suolo

Il sensore temperatura e umidità del suolo è stato collocato a circa 30 cm di profondità e in prossimità della verticale del gocciolatore (*Figg. 3e, 3f*). Esso consente di conoscere in tempo reale l'effettivo contenuto volumetrico di acqua nel terreno.

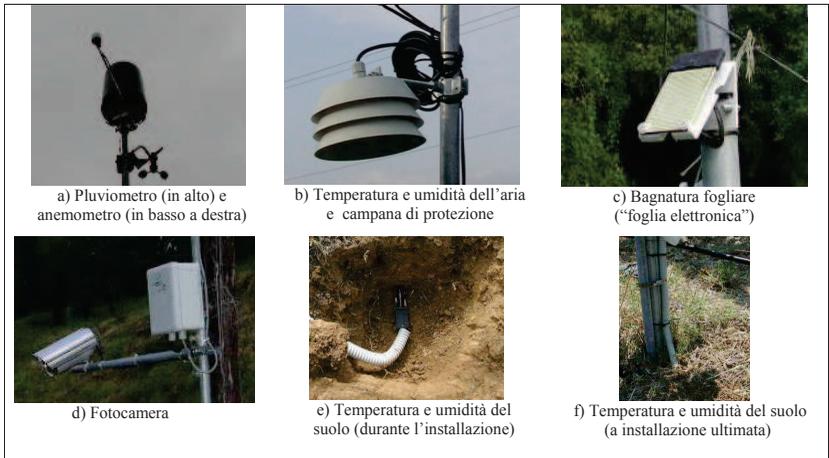


Fig. 3: principali sensori utilizzati

Infine è stata installata una fotocamera orientabile all'interno di ciascun vigneto.

I diversi tipi di sensori sono stati raggruppati in “nodi sensore” (Fig. 4) (vedi “Glossario”), pertanto il sistema utilizzato può essere definito modulare, in quanto in ciascun nodo possono essere previsti più tipi di sensori oltre al sistema di trasmissione wireless.

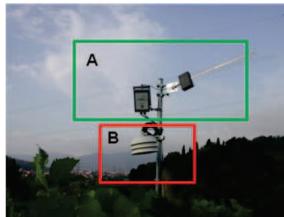


Fig. 4: immagine di un nodo sensore composto dall'antenna per la trasmissione wireless dei dati (A) e dalla campana con all'interno i sensori per il monitoraggio di temperatura e umidità dell'aria (B).

I vari nodi che costituiscono la “*rete di sensori*” (Fig. 5) inviano i dati ad un nodo definito “sink” (Fig. 6) che rappresenta sia il punto di raccolta dei dati che arrivano dal campo nonché il punto da cui essi partono verso la rete internet. Grazie a questa

tecnologia i dati monitorati nel vigneto possono poi essere visualizzati ed elaborati da postazioni fisse (es. *personal computer*) oppure utilizzando la telefonia mobile (es. *smartphone*).



Fig. 5: la rete di nodi sensore nel vigneto di Sarzana (*sinistra*) e Albenga (*destra*)

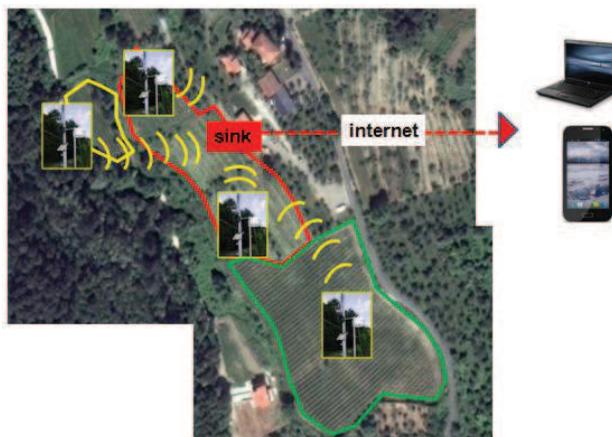


Fig. 6: modalità di funzionamento della rete di nodi sensore (*vigneto di Sarzana*) con rappresentazione schematica dell'invio di dati dai sensori al sink e dal sink, attraverso internet, a postazioni di ricezione (*pc o smartphone*)

5. La scala territoriale utilizzata per ottenere dati

In riferimento alla realtà regionale della Liguria, il CAAR ha accesso ai dati della rete di stazioni dell'Osservatorio Mete - Idrologico della Regione Liguria (*OMIRL*), costituita da circa 100 stazioni, metà della quali dislocate sul territorio viticolo. Essa rappresenta, a **grande scala territoriale**, la fonte principale di informazione per chi si occupa di difesa fitosanitaria e di fenologia della vite. La rete regionale non è ovviamente in grado di fornire indicazioni a scala territoriale di vigneto, viste le molte variabili che influenzano l'andamento climatico (*quota, distanza dal mare, esposizione, pendenza, sistema di allevamento, sesto di impianto, etc.*). Questa limitazione ha maggiore impatto per quelle aziende i cui vigneti sono frammentati e dispersi nel territorio.

Per cercare di dare una risposta alle suddette limitazioni esistono almeno 2 possibilità: 1) utilizzare, mediante opportune tecniche di spazializzazione, i dati agrometeorologici storici per distinguere le diverse aree viticole in zone omogenee 2) integrare la rete regionale a maglie larghe con microreti aziendali *wireless*, a **piccola scala territoriale (3 - 5 ha)**. In quest'ultimo caso la conoscenza delle differenze microclimatiche (*es. zone più umide*) e delle conseguenti problematiche (*es. maggior presenza di infezioni fungine*) aiuta nella progettazione della rete di sensori nella singola azienda.

5.1 Le variabili meteorologiche monitorate nei due vigneti

In questo progetto è stata la rete *wireless* che ha permesso di ottenere quei dati meteo che influiscono sullo sviluppo dei funghi patogeni (*peronospora, oidio e botrite*) e degli insetti fitofagi (*tignoletta*).

In tabella 1 si riportano le variabili meteorologiche utilizzate per la simulazione e la previsione degli eventi relativi ad ogni avversità (*es. fasi fenologiche di tignoletta, periodi di rischio infezione peronospora, etc.*).

Avversità	Variabili che influenzano lo sviluppo della patologia o dell'insetto
Peronospora	temperatura, piovosità, bagnatura fogliare, fenologia vite
Muffa grigia	temperatura, umidità relativa, bagnatura fogliare
Oidio	piovosità, umidità relativa, bagnatura fogliare,
Tignoletta	temperatura

Tab. 1: descrizione delle variabili utilizzate nelle diverse avversità

5.2 I modelli previsionali

I modelli previsionali o di simulazione rappresentano uno strumento importante che aiuta il viticoltore e chi si occupa di fornire servizi specialistici a prendere decisioni. In particolare i modelli effettuano simulazioni dei cicli di sviluppo dei patogeni fungini e degli insetti dannosi, basate sull'andamento climatico stagionale. In questo modo essi suggeriscono indicazioni sulle fasi critiche di un'avversità che andrà poi monitorata in campo. I modelli pertanto non sostituiscono l'attività del tecnico, ma lo supportano nell'individuazione dei rischi a cui è sottoposto il vigneto.

Durante il progetto sono stati implementati i modelli previsionali descritti nella tabella 2 e per farlo è stata molto importante la base di dati agrometeorologici storici disponibile presso il CAAR.

Questi modelli previsionali fanno parte integrante del software di gestione dei dati che verrà successivamente descritto.

Modello previsionale	Immagine avversità	Descrizione
Fenologia		Per la fenologia è stato utilizzato il modello “ore normali di caldo” (NHH - Normal Heat Hours) . Per ogni gruppo di nodi è possibile effettuare la simulazione per le varie cultivar disponibili (<i>ad oggi Vermentino e Rossese</i>). Nel modello è possibile personalizzare tutti i parametri e aggiungere nuovi vitigni.
Maturazione		Per la maturazione delle uve è stato implementato un modello di accumulo dei gradi giorno con soglia termica inferiore pari a 10°C. Nella pagina del modello è presente anche il riquadro dell'andamento del grado zuccherino osservato nel vigneto (<i>°Brix</i>) e il calcolo in automatico del rapporto tra i gradi Brix e i gradi giorno accumulati.
Evapotraspirazione		Per il calcolo dell'evapotraspirazione si è provveduto ad implementare sia il modello di Penman - Monteith che il modello di Hargreaves. In questo modo è possibile effettuare un confronto tra i due approcci, il primo più preciso e con più sensori richiesti, mentre il secondo meno esigente in termini di dati richiesti per il calcolo, ma meno accurato nel risultato finale. Per il Penman - Monteith è possibile eseguire sia la simulazione con il metodo giornaliero che la simulazione su base oraria.
Peronospora		Il modello, in linea con quello utilizzato dalla Regione Liguria, si basa su: <ul style="list-style-type: none"> • “regola dei tre dieci” per l'inizio dell'infezione primaria; • “metodo Goidanich” per il calcolo della durata dell'infezione primaria; • “regola dei 50” per la partenza delle infezioni secondarie.
Muffa grigia		Il modello della muffa grigia è stato proposto da TD Group. Esso simula i periodi infettivi della muffa grigia basandosi sulla durata della bagnatura fogliare e sulla temperatura media durante i periodi di bagnatura.
Oidio		Il modello dell'oidio è stato proposto da TD Group. Esso calcola su base temporale giornaliera un indice di rischio (IR). La partenza dell'infezione primaria può essere ipotizzata con due modalità: <ol style="list-style-type: none"> 1. 10 mm di pioggia seguiti da 12 - 15 ore di bagnatura fogliare con una temperatura media giornaliera compresa tra 10 e 15 °C. 2. calcolo delle ore di bagnatura fogliare richieste per il rilascio delle ascospore secondo la tabella di Mills - La Plante.
Tignoletta		Il modello implementato è un modello fenologico a gradi giorno, con soglia inferiore e superiore fisse (8 e 28 °C), calcolato con il metodo di Allen (<i>single-sine</i>). I valori di accumulo richiesti per le tre generazioni dell'insetto sono stati determinati a partire dai dati storici dei voli in possesso del CAAR in aziende limitrofe ai due vigneti sperimentali (<i>Sarzana e Albenga</i>). Il modello può essere ulteriormente calibrato, a scala aziendale, a partire dai dati monitorati con la rete wireless.

Tab. 2: i modelli previsionali utilizzati

5.3 Il software di gestione dei dati

Il software di gestione dei dati comprende:

L'applicazione SERVER che si connette alla rete di sensori, memorizza le informazioni nel database e, mediante i modelli agrometeorologici, prevede gli eventi di interesse (*es. attacchi parassitari*) (Fig.7). Consente inoltre di configurare e di monitorare la rete da remoto. Può inviare all'utente le segnalazioni di allerta via email o SMS

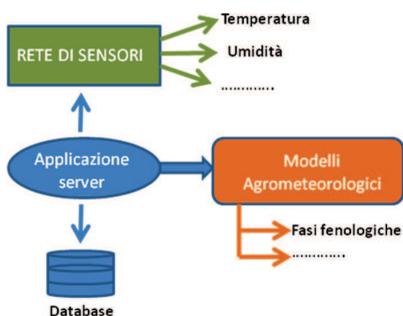


Fig. 7: schema di funzionamento e interazione dell'applicazione SERVER

L'applicazione WEB che comprende due moduli principali:

- **il modulo di gestione** per le operazioni di configurazione dei modelli di simulazione e per il funzionamento della rete e dei singoli nodi
- **l'interfaccia utente** (Figg. 8a e 8b) per la visualizzazione di:
 - dati rilevati dai sensori
 - elaborazioni dei modelli
 - posizione dei sensori nel vigneto
 - eventi previsti
 - immagini

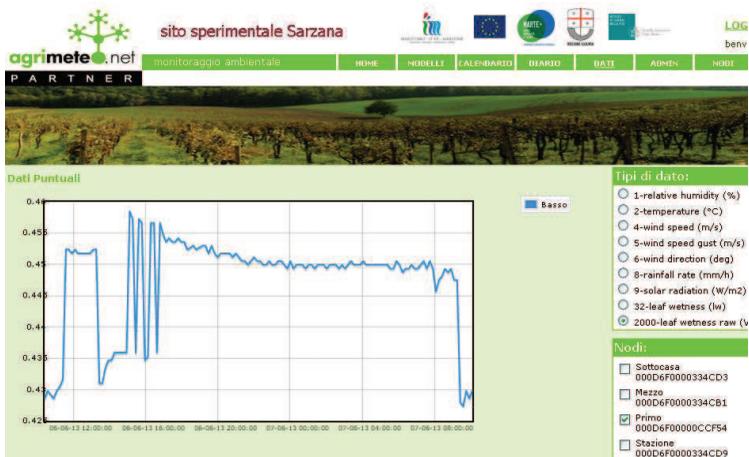


Fig. 8a: esempio di visualizzazione di dati (*bagnatura fogliare*)

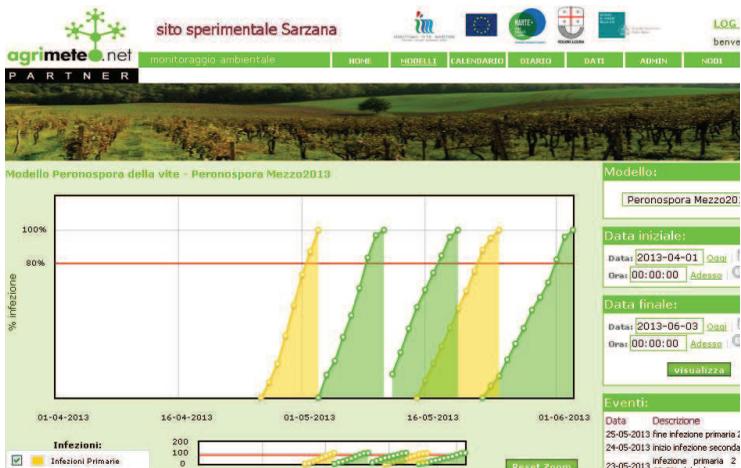


Fig. 8b: esempio di visualizzazione di un modello (*peronospora*)

5.4 Descrizione delle problematiche agronomiche affrontate

Durante il progetto sono state affrontate, dal punto di vista della gestione agronomica del vigneto, l'irrigazione (*fabbisogno idrico*) e la difesa.

Irrigazione

Per lo studio del fabbisogno idrico il vigneto interessato è stato quello di Albenga che è dotato di un sistema di irrigazione non predisposto per l'invio di dati in modalità wireless. Pertanto, una volta effettuato il monitoraggio dei dati agrometeo tramite la rete di sensori wireless e l'elaborazione degli stessi con il software di gestione dati, è stata impostata manualmente attraverso un contatore volumetrico la quantità di acqua da somministrare con turno fisso settimanale. A questo scopo il software è stato implementato con un "Modello irriguo semplificato a turno fisso per la vite" che indica all'azienda, settimanalmente, le richieste idriche del vigneto.

Il modello, sulla base delle caratteristiche dell'impianto, fornisce ogni settimana due consigli per il viticoltore sottoforma di *Volume di adacquamento* e *Durata di attivazione dell'impianto in ore*, così come riportato di seguito:

	Consigli forniti dal modello	Formule utilizzate
1	Volume di adacquamento (V_ad) in mm	$V_{ad} = (SUM_ET0 * KC * k_{rid}) - SUM_PTOT$ if (V_ad < 0) {V_ad=0;}
2	Durata di attivazione dell'impianto in ore	$Durata = V_{ad}/q$

Legenda formule utilizzate:

SUM_ET0: la sommatoria dell'evapotraspirazione giornaliera calcolata con il metodo di Penman - Monteith per i 7 giorni precedenti

SUM_PTOT: la sommatoria della pioggia dei sette giorni precedenti

Kc: coefficiente culturale della vite in fase di sviluppo vegetativo - (valore fisso a 0.8)

k_rid: coefficiente di riduzione dell'evapotraspirazione per l'irrigazione a deficit controllato (valore di default 0.30)

q: portata dell'impianto per unità di superficie, espressa in litri a metro quadro per ogni ora di attivazione dell'impianto

Viene utilizzato il dato fisso della portata dell'impianto di Albenga pari a 2.27 litri a metro quadro per ogni ora di attivazione dell'impianto.

Allo scopo di valutare l'utilità dei sensori di umidità del suolo e del modello semplificato di gestione dell'irrigazione, sono state impostate due parcelle irrigue identificate con 100% (*completa restituzione dei volumi irrigui calcolati dal modello*) e 50% (*restituzione del 50% del volume irriguo calcolato dal modello*). In tabella 3

vengono riportate una descrizione sintetica delle due parcelle e le principali caratteristiche dell'impianto, mentre in tabella 4 viene riportata la successione temporale delle quantità di acqua somministrate, come da lettura del contatore volumetrico, nelle due parcelle del vigneto a cui è stata somministrata rispettivamente 50% e 100% della quantità di acqua.

Il primo intervento irriguo è stato eseguito con una quantità di acqua uguale in entrambe le parcelle in quanto in quella data non era ancora attivo il sensore di umidità del suolo.

Successivamente all'installazione del sensore di umidità si è potuta valutare l'efficacia dell'intervento irriguo in termini di contenuto volumetrico di acqua nel terreno.

Il sensore permette infatti di conoscere il contenuto idrico del suolo dopo l'intervento irriguo, così è possibile monitorare il consumo di acqua da parte della pianta durante la settimana e decidere pertanto se intervenire e quanti litri somministrare.

Appezzamento 100%	Superficie (mq)	(45x25) = 1.125 mq
	n. piante	540
	n. ugelli	1300
	tipo ugelli	Autocompensanti
	portata ugelli	2 litri/ora
	Distanza tra gocciolatori	40 cm
Appezzamento 50%	Superficie (mq)	(45x25) = 1.125 mq
	n. piante	468
	n. ugelli	1000
	tipo ugelli	Autocompensanti
	portata ugelli	2 litri/ora
	Distanza tra gocciolatori	40 cm

Tab. 3: specifiche tecniche impianto di irrigazione del vigneto di Albenga, suddivise per le due parcelle sperimentali

data	mc somministrati (50%)	mc somministrati (100%)
<i>04-lug</i>	3	3
<i>11-lug</i>	1,5	3
<i>18-lug</i>	1,5	3
<i>25-lug</i>	1,5	3
<i>01-ago</i>	1,5	3
<i>08-ago</i>	1,5	3
<i>15-ago</i>	1,5	3
<i>22-ago</i>	1,5	3

Tab. 4: elenco degli interventi irrigui eseguiti nelle due parcelle.

La metodologia dei due regimi irrigui è stata poi analizzata con i dati di maturazione delle uve. Nonostante l'unico anno di prova, l'analisi dei dati ha dimostrato che i due regimi irrigui non hanno determinato tra le due parcelle differenze nell'andamento del processo di maturazione, anche se nel complesso la tesi irrigata al 50% aveva valori medi di pH, zuccheri e alcool potenziale significativamente maggiori e acidità significativamente minore rispetto alla tesi irrigata al 100%. Il peso medio degli acini invece non è stato influenzato dalle differenti quantità di acqua somministrata nelle due parcelle.

Nel complesso la riduzione dei livelli irrigui al 50% non ha peggiorato le caratteristiche qualitative delle uve e ha permesso comunque di evitare l'insorgenza di gravi situazioni di stress idrico per le piante, questo fa presupporre che "l'irrigazione in deficit" sia una strategia da perseguire negli ambienti viticoli liguri.

Difesa

Insetti: tignoletta

Alle tre fasi di volo di ogni generazione sono stati assegnati gli accumuli in Gradi Giorno ottenuti da dati di stazioni della rete regionale, limitrofe ai vigneti oggetto della prova (*dati CAAR*) (Tab. 5).

Gradi - Giorno		
I generazione	inizio volo	185
	picco volo	251
	fine volo	456
II generazione	inizio volo	710
	picco volo	780
	fine volo	953
III generazione	inizio volo	1000
	picco volo	1116
	fine volo	1315

Tab. 5: schema riassuntivo dei Gradi - Giorno necessari per il verificarsi delle diverse fasi dei voli degli adulti delle tre generazioni di tignoletta. I dati sono stati ottenuti dal CAAR a seguito di elaborazioni eseguite a scala regionale in anni precedenti il 2012.

Il modello, calibrato con i dati del CAAR, ha mostrato una buona capacità di prevedere gli eventi relativi a inizio, picco e fine volo di ogni generazione del

fitofago. Quanto sopra è in linea con quanto ottenuto in altre realtà viticole italiane (cfr ad es. *Sitografia WEB 5*)

Patogeni fungini: peronospora

La rete di sensori ha permesso al modello di simulare l'avverarsi dell'infezione primaria e delle infezioni secondarie. Il risultato del modello, associato ad una verifica in campo della presenza di reali stati infettivi, ha permesso una maggiore precisione nell'impostare la strategia di difesa.

6. Risultati ottenuti

6.1 Variabilità micro-climatica

Confrontando le cumulate termiche dei diversi nodi sensore per i modelli fenologia e tignoletta si può evidenziare la variabilità micro-climatica dei siti sperimentali.

Il lavoro di analisi dei dati è stato eseguito solo nel sito sperimentale di Sarzana a causa della minore omogeneità della superficie vitata rispetto al vigneto di Albenga.



Fig. 9: rappresentazione dei nodi sensore installati nell'azienda di Sarzana e indicazione della lettera attribuita al nodo (A, B, C e D) a cui si fa riferimento nelle tabelle di analisi dei dati

I punti di rilievo (*nodi sensore*), posizionati secondo lo schema di Fig. 5, sono stati nominati ai fini dell'analisi dei dati come rappresentato in Fig. 9 e così caratterizzati:

- “A”: punto localizzato in un'area del vigneto con la migliore esposizione

- “B e C”: località con esposizione intermedia
- “D”: punto localizzato in area di fondovalle poco esposta

6.1.1 Fenologia con modello NHH - Normal Heat Hours

In tabella 6 vengono elencati, per Sarzana e per la cultivar Vermentino, gli accumuli di NHH per il raggiungimento delle varie fasi fenologiche.

Maturazione	2886
Invaiaatura	2350
Inizio Invaiaatura	2157
Chiusura Grappolo	1705
Inizio Chiusura Grappolo	1502
Acini Delle Dimensioni Di Un Pisello	1378
Acini Delle Dimensioni Di Un Granello Di Pepe	1220
Allegagione	1133
Piena Fioritura	1020
Bottoni Fiorali Separati	814
Grappoli Separati	638
Grappoli Visibili	580
Germogli Lunghi 10 cm	546
Prima Foglia distesa	468
Punte Verdi Visibili	393
Inizio Apertura Delle Gemme	353
Gemme Cotonose	297
Inizio Ingrossamento Delle Gemme	270
Riposo Invernale	222

Tab. 6: Parametri di configurazione del modello NHH per la cv Vermentino. Per le varie fasi fenologiche vengono riportati i valori di NHH richiesti per il loro raggiungimento

In tabella 7 viene illustrato come, con le temperature reali rilevate dei vari nodi sensori (*A, B, C e D*), il modello NHH simula le date di raggiungimento delle varie fasi.

Facendo un confronto tra i quattro nodi, si può notare che fino alla fase di grappoli separati non si notano delle differenze significative nella data prevista dal modello per le varie fasi fenologiche. Nella fase di fioritura invece i dati cominciano a mostrare delle differenze di qualche giorno (*anticipo del nodo A rispetto al D*).

La fase stimata della maturazione mostra un anticipo di 10 giorni tra il nodo posizionato nel punto più favorevole (*A*) rispetto a quello con la peggiore esposizione (*D*).

Quanto sopra permette di dire che la rete di monitoraggio agrometeorologico consente di evidenziare variabilità nella previsione di alcune fasi fondamentali della coltura della vite, come quelle in prossimità della raccolta.

Fase Fenologica	A	B	C	D	gg/diff
Maturazione	11/09	17/09	18/09	21/09	10
Invaiaatura	12/08	16/08	16/08	19/08	7
Inizio Invaiaatura	01/08	05/08	05/08	07/08	6
Chiusura Grappolo	09/07	11/07	11/07	13/07	4
Inizio Chiusura Grappolo	28/06	30/06	29/06	02/07	4
Acini Delle Dimensioni Di Un Pisello	22/06	23/06	22/06	24/06	2
Acini Delle Dimensioni Di Un Granello Di Pepe	12/06	13/06	12/06	15/06	3
Allegagione	07/06	08/06	07/06	09/06	2
Piena Fioritura	31/05	31/05	31/05	02/06	2
Bottoni Fiorali Separati	15/05	16/05	15/05	16/05	1
Grappoli Separati	01/05	01/05	01/05	01/05	0
Grappoli Visibili	27/04	27/04	27/04	27/04	0
Germogli Lunghi 10 cm	23/04	23/04	23/04	23/04	0
Prima Foglia distesa	13/04	13/04	13/04	13/04	0
Punte Verdi Visibili	03/04	03/04	03/04	03/04	0
Inizio Apertura Delle Gemme	30/03	30/03	30/03	30/03	0
Gemme Cotonose	25/03	25/03	25/03	25/03	0
Inizio Ingrossamento Delle Gemme	22/03	22/03	22/03	22/03	0
Riposo Invernale	16/03	16/03	16/03	16/03	0

Tab. 7: elenco delle date in cui il modello NHH prevede il raggiungimento delle diverse fasi fenologiche nei diversi nodi sensore (A, B, C e D). Nell'ultima colonna a destra vengono riportate le differenze in giorni tra il nodo sensore A e il D.

6.1.2 Modello tignoletta

Le simulazioni effettuate per la tignoletta della vite mostrano una variabilità ridotta tra i quattro nodi sensore. Le differenze si manifestano in seconda e terza generazione con una differenza di pochi giorni. Anche in questo caso il nodo "A" tende ad anticipare rispetto al nodo "D" (Tab. 8).

Modello Lobesia	A	B	C	D	diff/qq
terza generazione: fine volo	05/07/12	06/07/12	05/07/12	07/07/12	2
terza generazione: picco volo	18/06/12	20/06/12	18/06/12	21/06/12	3
terza generazione: inizio volo	05/06/12	06/06/12	05/06/12	08/06/12	3
seconda generazione: fine volo	04/06/12	05/06/12	04/06/12	06/06/12	2
seconda generazione: picco volo	22/05/12	23/05/12	22/05/12	23/05/12	1
seconda generazione: inizio volo	10/05/12	10/05/12	10/05/12	10/05/12	0
prima generazione: fine volo	28/04/12	28/04/12	28/04/12	28/04/12	0
prima generazione: picco volo	31/03/12	31/03/12	31/03/12	31/03/12	0
prima generazione: inizio volo	16/03/12	16/03/12	16/03/12	16/03/12	0

Tab. 8: elenco delle date in cui il modello prevede il verificarsi dei voli delle tre generazioni di tignoletta. Nell'ultima colonna a destra vengono riportate le differenze in giorni tra il nodo sensore A e il D.

6.2 Aspetti economici - gestionali

Il Progetto ha permesso di valutare le differenze che si sono verificate nell'azienda viticola di Sarzana "Il Monticello" in conseguenza dell'adozione della tecnologia wireless associata all'utilizzo dei modelli previsionali. Nell'azienda il problema fitopatologico principale è rappresentato dalla peronospora, pertanto la possibilità di visualizzare i dati meteorologici e ottenere previsioni di rischio di infezione ha permesso di dimezzare le dosi del principio attivo utilizzato per la difesa (*rame*).

6.3 Aspetti applicativi

Sono stati individuati i **punti di forza** e i **punti di debolezza** dell'applicazione di tale tecnologia in Liguria:

punti di forza	Forte interesse dei viticoltori a razionalizzare (ridurre) gli interventi fitosanitari Monitoraggio agrometeorologico a scala aziendale (< 5 ha)
punti di debolezza	Aziende di dimensione piccola e con una maglia poderale molto frazionata Scarso interesse dei viticoltori a questo tipo di innovazione tecnologica

7 Analisi tecnico - economica e prospettive future in Regione Liguria

Il lavoro svolto durante il progetto ha permesso di individuare due possibili scenari descritti di seguito, per quanto riguarda il trasferimento al territorio ligure della tecnologia sperimentata.

7.1 Rete agrometeorologica wireless a livello aziendale

In questo caso la rete di sensori può essere installata da viticoltori singoli nella propria azienda, nei diversi appezzamenti vitati, con l'obiettivo finale di eseguire meno interventi fitosanitari. Dal punto di vista pratico il viticoltore che ha intenzione di applicare questa tecnologia dovrebbe:

- A. rivolgersi ad un tecnico per farsi consigliare sulla scelta e sul posizionamento dei sensori nel vigneto;
- B. rivolgersi ad una ditta in grado di fornire e installare i sensori, oltre ad un software dedicato alla gestione dei dati;
- C. farsi consigliare da un tecnico per l'interpretazione dei dati e per prendere le decisioni sui diversi trattamenti che la rete wireless insieme ai modelli agrometeorologici consigliano di fare.

Dal punto di vista economico l'esborso monetario che il viticoltore dovrebbe sostenere dipende ovviamente dal numero di sensori che egli decide di installare.

Di seguito viene riportata l'ipotesi di installazione simile a quella realizzata nell'azienda di Sarzana:

Descrizione attrezzatura		Prezzo in euro (*)
N° 2 - Nodi sensore: Temperatura, Umidità e Bagnatura Fogliare	<i>Vedi Fig. 6</i>	820,00
N° 1 - Nodo sensore: Radiazione Solare, Pluviometro, Direzione e Velocità Vento		800,00
N° 1 - Nodo Coordinatore SINK		650,00
TOT		2.270,00

(*) i prezzi indicati sono quelli dei materiali utilizzati nel progetto.

Tab. 9: ipotesi di installazione e relativi costi

Alla cifra sopra indicata l'azienda dovrebbe **aggiungere la spesa** da sostenere per la fornitura del **software** di raccolta ed elaborazione dati. Questa cifra è variabile a seconda della ditta fornitrice e pertanto non facilmente quantificabile.

Alcune ditte propongono invece un servizio *“all inclusive”* di cui riportiamo un esempio:

SERVIZIO «ALL INCLUSIVE»	
✓✓	Rete Sensori
✓✓	Installazione
✓✓	5 interventi annui
✓✓	Modelli base + 1 modello a scelta tra: vite, olivo o pomodoro
✓✓	Personalizzazione Web Application
✓✓	Servizio call center
✓✓	Servizio sms 100/anno

120 €/Mese *

* Durata minima del contratto: 36 mesi

In questo caso la fase B sopra descritta viene assorbita dal servizio *“all inclusive”* mentre rimangono a carico dell'azienda viticola le fasi A e C.

I viticoltori interessati a questa prima ipotesi - Rete agrometeorologica wireless **a livello aziendale** – generalmente sono persone motivate dal punto di vista della riduzione dell'input chimico e alla pari dotati di sensibilità nei confronti dell'adozione di tecnologie innovative.

Nei casi caratterizzati da uniformità pedoclimatica / morfologica e dall'assenza di frammentazione degli appezzamenti, come nel vigneto di Albenga, il numero di sensori può essere ridotto come illustrato in tabella 10.

Descrizione attrezzatura		Prezzo (Euro) (*)
N° 1 - Nodi sensore: Temperatura, Umidità e Bagnatura Fogliare	<i>Vedi Fig. 6</i>	410,00
N° 1 - Nodo sensore: Radiazione Solare, Pluviometro, Direzione e Velocità Vento		800,00
N° 1 - Nodo Coordinatore SINK		650,00
TOT		1.860,00

Tab. 10: ipotesi di installazione “ridotta” e relativi costi

In questa ipotesi non è stata prevista la componente “sensore umidità e temperatura del suolo” in quanto utilizzata solamente nei vigneti dotati di impianto di irrigazione, piuttosto rari in Liguria.

7.2 *Rete agrometeorologica wireless a livello di comprensorio agricolo*

In questo caso la progettazione di una rete di sensori non può prescindere da studi sulla variabilità climatica eseguiti a scala di comprensorio agricolo. Questo potrebbe consentire di ottenere elaborazioni quali **carte di aree omogenee dal punto di vista climatico** che rappresenterebbero le unità di base (*corrispondenti al singolo appezzamento dell'azienda singola*) per il posizionamento della rete wireless.

Ovviamente in questo caso cambiano gli scenari della struttura organizzativa che dovrà lavorare alla progettazione e soprattutto alla gestione della rete wireless. In particolare si ritiene che alcuni dei soggetti maggiormente indicati per affrontare un tale scenario possano essere le Cooperative agricole o comunque Enti che forniscono servizi a viticoltori. Per questa ipotesi di lavoro la quantificazione del costo che dovrà essere sostenuto è difficile da ipotizzare in quanto dipende dalla dimensione del territorio in oggetto e dalla numerosità delle singole “reti wireless”.

8 Glossario

viticoltura di precisione	adozione di tecniche che consentono di differenziare i diversi appezzamenti coltivati a vite in merito alle operazioni da eseguire (es. trattamenti, irrigazione, raccolta).
variabile agrometeorologica	misura, ottenuta da una stazione meteo, di temperatura, umidità, pioggia etc..
rete di monitoraggio	serie di punti di rilevamento di variabili ambientali di tipo meteorologico (es. <i>temperatura, umidità</i>) e di tipo biologico (es. <i>catture di insetti fitofagi, fenologia</i>).
 sensore	strumento che misura una variabile ambientale (es. <i>temperatura, umidità, piovosità</i>).
 nodo sensore	sistema composto da uno o più sensori che misurano diversi tipi di variabili ambientali; trasmette i dati ad un nodo di livello superiore, che può essere o un <i>nodo router</i> o un <i>nodo coordinatore</i> . La comunicazione tra nodo sensore e nodi di router/coordinatore avviene via wireless.
 nodo sink	nodo coordinatore che riceve i dati dalla rete di sensori e li trasmette ad un server.
 modello previsionale	strumento che ha come principale obiettivo la previsione del rischio di comparsa o di sviluppo di un fungo o di un insetto, per poter così adattare la strategia di intervento e razionalizzare la difesa di alcune colture.
 remote sensing o telerilevamento	acquisizione a distanza di immagini riguardanti le superfici coltivate, generalmente tramite sensore montato su satellite oppure aerotrasportato, nonché l'insieme dei metodi e delle tecniche per la loro successiva elaborazione e interpretazione.
 regola dei "tre dieci"	regola che permette di prevedere le infezioni primarie di peronospora al verificarsi delle seguenti condizioni: 10 cm di lunghezza del tralcio, 10 mm di pioggia caduta nell'arco delle 24 - 48 ore, 10 °C di temperatura minima.
 regola dei "50"	regola che permette di prevedere le infezioni secondarie di peronospora quando il prodotto tra la temperatura media e la bagnatura fogliare raggiunge il valore di 50.
 metodo Goidanich	metodo che permette di stimare la durata e la percentuale di incubazione giornaliera della peronospora in funzione della temperatura media e dell'umidità relativa.
 scala territoriale	porzione di territorio considerata in una sperimentazione. Di solito si parla di scala di campo (<i>singolo appezzamento</i>), scala aziendale (<i>superficie complessiva di un'azienda agricola</i>), scala "landscape" di paesaggio (<i>alcune centinaia di ha, un comprensorio agricolo, una provincia</i>) o scala regionale.
 NHH (Normal Heat Hours) o Ore Normali di Caldo	approccio modellistico per la conoscenza del fabbisogno termico da parte delle colture (<i>vedi WEB6 in sitografia</i>).
 Tabella di Mills - La Plante	tabella che permette di stabilire, in base alla temperatura, il numero di ore di bagnatura fogliare necessarie per il verificarsi di un'infezione di oidio.
 Metodo di Allen	metodo per il calcolo del ciclo termico giornaliero di una pianta o di un insetto tramite una funzione sinusoidale basata sulle temperature massime e minime giornaliere. <i>Per approfondimenti consultare la seguente bibliografia:</i> A Modified Sine Wave Method for Calculating Degree Days. Allen Jon C. Environmental Entomology , Volume 5, Number 3, June 1976, pp. 388 - 396(9)

9 Domande frequenti

È difficile installare una rete wireless?	Bisogna rivolgersi a tecnici ed esperti in grado di consigliare come realizzare l'impianto
Io ho diversi appezzamenti a vigneto e sono lontani l'uno dall'altro: come posso fare?	Occorre installare i sensori scegliendo quegli appezzamenti che, in base all'esperienza, sono diversi dal punto di vista del microclima (es. umidità, esposizione)
Quali sono i miglioramenti che mi posso aspettare utilizzando questa tecnologia?	Potrai eseguire i trattamenti solamente negli appezzamenti dove è necessario e nel momento più opportuno
È difficile leggere i dati utilizzando il computer?	No, il software è di facile consultazione ed è corredato da un manuale di istruzioni
Io non ho internet in azienda, posso comunque fare installare la rete internet nella mia azienda?	Sì, basta che ci sia un tecnico che riceva i dati rilevati nella tua azienda tramite internet e te li fornisca successivamente. Insieme poi potrete prendere le decisioni delle operazioni da eseguire.

10 Sitografia

WEB1: <http://www.pionero.it/2013/05/24/viniveri-metti-il-wireless-nel-vigneto>

WEB2: <http://agronotizie.imagelinenetwork.com/articolo.cfm?idArt=6456>

WEB3: http://www.ibimet.cnr.it/Staff/rapi/progetti/informazioni-aggiuntive/iridia/Percorso_IRIDIA.pdf

WEB4: http://www.mc2it.com/i_rassegnastampa/InformatoreAgrario200118.pdf

WEB5: <http://www.ermesagricoltura.it/Servizio-fitosanitario/Avversita-delle-piante/Cerca-avversita-per-nome/Tignoletta-della-vite/Il-modello-MRV-LOBESIA>

WEB6: <http://air.unimi.it/bitstream/2434/193371/2/Cola%20et%20al%202012%20Conavi%202010.pdf>

Finito di stampare
nel mese di Maggio 2013

da Campano s.n.c.
Ghezzano (PI)
info@campano.com



La coopération au coeur de la Méditerranée



La cooperazione al cuore del Mediterraneo

ISBN 978-8-86528-180-2



9 788865 281802 >



Arnus
Università Books

