

La conoscenza profonda delle diversità del vigneto attraverso il monitoraggio con sensori a infrarossi permette la gestione ottimale delle operazioni viticole ed enologiche. Si tratta di un sistema integrato, che concretizza l'idea di unire innovazione tecnologica ed esperienza tecnico-scientifica nella filiera del vino, per esaltare il concetto di identità del binomio vite-vino

di **Monica Rosseti,**
Patrizio Gasparinetti, Savio Landonio



Soluzione innovativa per la gestione vitivinicola

La vitivinicoltura è un sistema dinamico: elementi vivi interagiscono in differenti modi tra di loro proponendosi diversamente in ogni ambiente. Lo studio dell'area viticola assume allora un'importanza indiscutibile quando si pretende di elaborare vini che siano non solo di alta qualità, ma anche «singolari» nell'esprimere le caratteristiche di identità del terroir. Nel solco di questa filosofia per sviluppare questi concetti è nato il Progetto AnimaVitis.

Prima di approdare ad AnimaVitis è stato effettuato un lungo percorso di studio e ciò ha fornito basi importanti per ottenere la multifunzionalità che il Progetto è in grado di

offrire oggi. Dall'osservazione dei diversi lavori affini, già sviluppati in Italia e all'estero, si è concluso che mancava un sistema di lavoro per facilitare la gestione vitivinicola che raggruppasse i principali componenti: viticoltura di precisione, pratiche enologiche modulari per specificità territoriale, tracciabilità di filiera, razionalità delle risorse economiche e ambientali. Da qui ha preso il via la ricerca di un progetto che sviluppasse ognuno di questi componenti in maniera completamente correlata con la logica dell'intero sistema di gestione. Si è creato un gruppo di lavoro specializzato in ogni segmento per discutere le problematiche e testare le soluzioni per ottenere i migliori risultati.



Foto 1 - L'eterogeneità vegetativa è percepibile anche visivamente. Nella foto la situazione iniziale di disformità nei vigneti della Tenuta Podernovo a Terricciola (Pisa), in cui è stato condotto il Progetto pilota di AnimaVitis.

Il punto di partenza non poteva essere altro che il vigneto, visto che questo rappresenta il patrimonio produttivo delle aziende e tante volte non viene condotto in maniera ottimale considerando l'ambiente pedoclimatico e gli obiettivi enologici e commerciali. È importante sottolineare anche che in quasi tutti i vigneti della maggior parte delle aziende viticole, soprattutto di collina – cioè nelle situazioni generalmente più vocate – si riscontra sempre eterogeneità, più o meno ampia, dovuta sia alla storia

millenaria di formazione dei terreni, sia agli interventi antropici. La possibilità di avere oggi mezzi meccanici potenti ha spinto inoltre molte aziende ad esagerare nelle sistemazioni collinari con la conseguenza frequente di stravolgere la situazione naturale di molti terreni migliorando sì l'operatività, ma spesso peggiorando l'espressione naturale di un terreno e aumentando l'eterogeneità (foto 1).

Consequentemente nei vigneti si ritrovano grandi differenze di comportamento

vegetativo delle viti da zona a zona e, quindi, uve che sono la diretta espressione di queste differenze con caratteristiche molto diverse, anche in un stesso appezzamento. In questo contesto diventa fondamentale lo sviluppo di tecniche e mezzi che permettano di controllare nei particolari l'evoluzione vegetativa e produttiva delle viti e la loro variazione nelle annate.

Da un'analisi delle tecnologie attualmente disponibili sul mercato si è evidenziato che le misure di spettro elet-

Riflettanza spettrale e stato fisiologico delle piante

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEI SENSORI. Quasi tutti i sensori ottici per il monitoraggio delle colture basano il loro principio di funzionamento sulla riflettanza (R), che è definita a ogni lunghezza d'onda dal rapporto tra l'intensità della luce riflessa I_R e quella incidente I_O .

$$R(\lambda) = \frac{I_R(\lambda)}{I_O(\lambda)}$$

La riflettanza rappresenta «un'impronta spettrale» del campione esaminato che contiene informazioni riguardo alla biomassa e alla concentrazione dei componenti in essa presenti.

Ognuno dei costituenti del tessuto vegetale (acqua, clorofilla, pigmenti seconda-

ri, cellulosa, lignina e proteine) assorbe la radiazione incidente in specifiche bande spettrali, modificando lo spettro della frazione riflessa in funzione della concentrazione con cui esso è presente nella pianta. In generale, la curva di riflettanza di una pianta si caratterizza per:

- valori bassi nella regione del visibile (400-700 nm) a causa del forte assorbimento da parte della clorofilla e degli altri pigmenti fotoattivi. In questa banda la riflettanza è inversamente proporzionale al contenuto di clorofilla, alla concentrazione di carotenoidi e antociani e all'efficienza fotosintetica;
- valori elevati nella regione del vicino infrarosso (700-1300 nm) dovuti all'assenza di assorbimenti specifici a queste lunghezze d'onda e alle riflessioni multiple che avvengono in corrispondenza delle interfacce aria-cellula.

A queste lunghezze d'onda un abbassamento della riflettanza può essere indice di senescenza dei tessuti e di inibizione della crescita della pianta, in pratica di un basso vigore;

- valori contenuti nella regione del medio infrarosso (1300-2500 nm) che si registrano a causa dell'assorbimento da parte del-

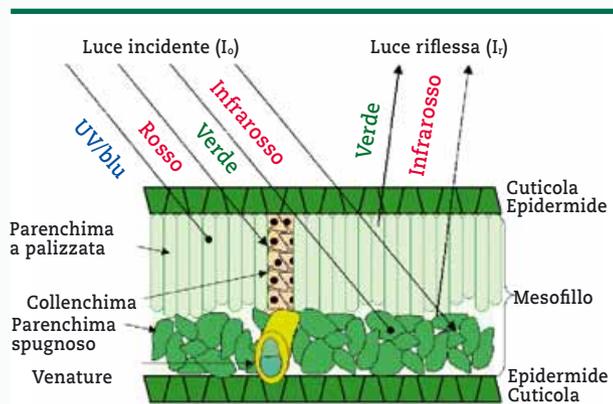
l'acqua e in minima parte da parte di composti azotati e carboidrati.

INDICI. Dato l'alto numero di osservazioni spettrali possibili alle diverse lunghezze d'onda, per semplificare l'analisi dei dati, vengono spesso impiegati gli indici spettrali di vegetazione ottenuti come semplice combinazione algebrica dei valori spettrali misurati a due o più specifiche lunghezze d'onda. Essi consentono, sia di sintetizzare l'informazione multispettrale in un singolo parametro correlato allo stato fisiologico e sanitario della coltura, sia di attenuare i fattori di disturbo che colpiscono similmente le diverse bande spettrali (variazioni del livello di illuminazione, ombreggiamenti, effetti dovuti alla geometria della vegetazione ecc.).

Tra tutti gli indici sviluppati negli ultimi anni quelli più utilizzati sono il «Ratio» e l'«NDVI». L'indice Ratio o NIR/R fu introdotto da Jordan nel 1969 per caratterizzare le foreste tramite osservazioni da terra. Questo indice è dato dal semplice rapporto fra la riflettanza del vicino infrarosso (R_{nir}) e quella del rosso (R_r):

$$NIR/R = \frac{R_{nir}}{R_r}$$

Successivamente impiegato anche per immagini satellitari, è caratterizzato dal fatto di essere molto semplice ma con scala di misura non lineare.



Schematizzazione della riflettanza della foglia

tro-magnetico possono avere una grossa potenzialità per la caratterizzazione delle colture essendo correlate a diversi fattori produttivi. In generale i sensori impiegati in questo ambito sono sensori ottici disegnati per misurare la riflettanza o l'emissione di radiazione elettromagnetica da un oggetto (vedi riquadro sotto).

Sistemi ottici per valutare le colture

Le prime applicazioni di sistemi ottici per la valutazione dello stato delle colture vengono fatte risalire ai primi decenni del 1900 quando negli Usa fu intrapresa una campagna estensiva di riprese aeree per identificare la posizione e l'estensione di un'infezione fungina sul cotone. Nei decenni più recenti, l'introduzione di sensori digitali mul-

tispettrali, insieme all'elaborazione di appropriati indici spettrali, ha permesso di definire precisi protocolli per il monitoraggio non invasivo delle colture, adottando un approccio quantitativo e non solo qualitativo, come avveniva in passato.

I diversi sistemi di rilevamento si differenziano a seconda della distanza del sensore dall'oggetto da rilevare. Nel caso del telerilevamento da satellite, questa è dell'ordine delle centinaia di chilometri. Pur basandosi sui sensori più avanzati disponibili, consente risoluzioni spaziali ancora poco dettagliate (Aster, Landsat, Spot) che nei migliori casi sono di qualche metro (Ikonos, Quickbird). Risultano, pertanto, adatte a fornire informazioni per valutazioni epidemiologiche su ampia scala, ma non certo per consentire una gestione di precisione delle patologie e degli stati di stress, in generale. Un'ul-

teriore limitazione, poi, è rappresentata dall'intervallo temporale che intercorre fra i successivi rilievi che, nel caso di satelliti ad alta risoluzione, arriva ad alcune settimane o risulta addirittura superiore, dato che condizioni di copertura nuvolosa possono impedire l'acquisizione di immagini utili.

Il rilievo aereo è normalmente eseguito ad una distanza dell'ordine del chilometro e, per quanto caratterizzato da costi d'esercizio assai elevati, consente di monitorare ampie superfici, a scala di distretto di produzione (gestioni sovra-aziendali), con una tempestività di esecuzione che può risultare accettabile anche durante le fasi fenologiche più delicate. La massima risoluzione spaziale che si può ottenere con questo tipo di rilievi, pur dipendendo dalla quota del volo, è tipicamente al di sotto del metro.

Nel 1974 con il lancio del satellite Landsat MSS, Rouse introdusse l'Indice di vegetazione a differenza normalizzata (NDVI), definito dal rapporto tra la differenza e la somma della riflettanza nel vicino infrarosso (R_{nir}) e rosso (R_r):

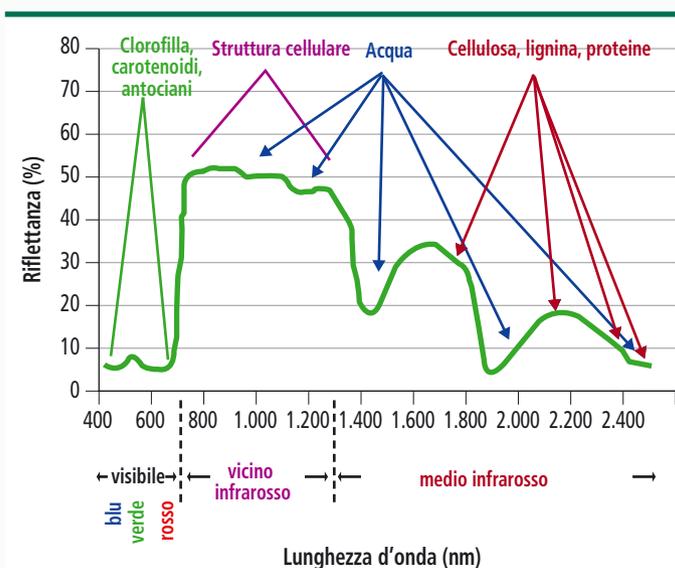
$$NDVI = \frac{R_{nir} - R_r}{R_{nir} + R_r}$$

Rispetto all'indice Ratio ha il vantaggio di produrre una scala lineare teoricamente compresa tra -1 e +1, nel caso di vegetazione è normalmente compreso tra i valori di +0,1 e +0,9.

Risulta significativamente correlato alla quantità di biomassa vegetale per unità di superficie (o Leaf area index, LAI), dunque al vigore della coltura.

VALUTAZIONE DELLO STATO FISIOLOGICO DELLE PIANTE MEDIANTE MISURE DI RIFLETTANZA. Si basa principalmente sull'analisi delle modificazioni spettrali connesse a:

- densità di biomassa prodotta, quale indice di vigore;
- concentrazione di clorofilla, quale indice dello stato nutrizionale e, in particolare, della disponibilità di azoto;
- concentrazione relativa di pigmenti se-



Curva di riflettanza della foglia

condari rispetto alla clorofilla, quale indice dello stato fenologico o di senescenza;

- efficienza del sistema fotosintetico e del processo di evapotraspirazione;
 - contenuto di acqua; presenza di lesioni dovute ad attacchi patologici.
- Tuttavia, come spesso accade nei sistemi biologici, risulta comunque impossibile correlare direttamente una misura di riflettanza a uno specifico problema delle colture in quanto questo può influire su più regioni spettrali attraverso diversi meccanismi.

Nel caso, ad esempio, di un attacco patologico potremmo avere il caso di una degradazione locale della clorofilla che causa una diminuzione localizzata della capacità di assorbire la luce visibile e dunque un aumento della riflettanza nella banda del rosso attorno ai 670 nm. Col progredire della lesione potremmo avere fenomeni di necrosi e senescenza che abbasserebbero la riflettanza nel vicino infrarosso. L'indicazione data dai sensori sarebbe un calo del vigore vegetativo identico a quello avuto nel caso di uno stress idrico.

Questo esempio indica come sia sostanzialmente errato associare una misura di riflettanza alla capacità di identi-

ficare uno specifico fattore di stress delle colture e ancor più sarebbe sbagliato eseguire un intervento correttivo in maniera automatica.

La misura della riflettanza è sicuramente un valido strumento di supporto agli operatori del settore al fine di caratterizzare e individuare con anticipo le aree della coltura con anomalie.

L'esperienza del tecnico successivamente permetterà di individuare l'origine dell'anomalia e stabilire l'intervento più adatto. ●

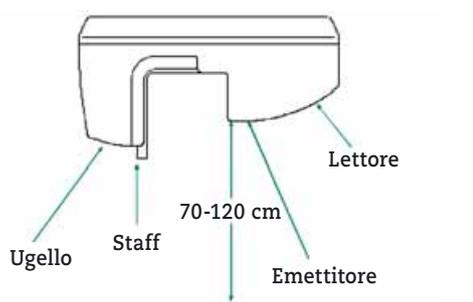


FIGURA 1 - I sensori a infrarossi

Schematicamente sono composti da: un emettitore di luce a led in grado di emanare luce a una lunghezza d'onda di 770 nm per l'infrarosso e 656 nm per il rosso; un sensore ottico (fotodiode) posto nella parte anteriore del sensore; un ugello (opzionale) a controllo elettronico posto nella parte posteriore del sensore.

Entrambi questi sistemi hanno alcuni svantaggi quali: la difficoltà di lettura data da eventuali ombreggiamenti, il colore e la copertura del suolo, il differente sesto di impianto, la pendenza del terreno, l'angolo di incidenza della luce solare, l'angolo di ripresa e infine le limitazioni di visibilità in particolari condizioni meteorologiche.

I sensori a infrarossi

Attorno al 1990 alcuni ricercatori americani della Oklahoma State University utilizzarono un sensore ottico passivo (McCloy e Felton, 1992) che sfruttava la radiazione solare nella banda rosso-infrarosso per identificare e trattare le erbe infestanti.

Un grosso problema incontrato con l'utilizzo di questi sistemi fu la differenza di lettura data in diverse condizioni di radiazione solare nelle varie ore del giorno e l'impossibilità di lavorare durante la notte o con cielo nuvoloso. Questo problema fu risolto nel 1995 (Beck e Vyse) con lo sviluppo di un sensore dotato di una propria sorgente luminosa, nel rosso e infrarosso.

Fin dall'inizio i ricercatori notarono che questi sensori a infrarossi potevano essere utilizzati anche per il calcolo dei vari indici spettrali proprio come i sistemi da satellite o da aereo. I vantaggi dei sensori a infrarossi che rilevano da terra sono:

- consentono misure non distruttive che, quindi, possono essere effettuate su ogni singola pianta dell'appezzamento e ripetute in momenti successivi della stagione, senza interferire col normale sviluppo delle colture;
- non richiedono contatto col campione esaminato e dunque si possono eseguire dalla distanza ritenuta più opportuna;

- si basano su fenomeni istantanei, permettendo misure rapide e idonee a essere effettuate da veicoli in movimento;
- non sono influenzati dalla luce naturale, dalla pendenza, dalla copertura del suolo e dalla nuvolosità;
- hanno una risoluzione spaziale anche di pochi centimetri;
- permettono di eseguire rilievi nel momento più adatto.

Tali caratteristiche rendevano questi sensori degli strumenti essenziali ai fini dell'automazione del monitoraggio colturale trovando impiego inizialmente per il monitoraggio dei «green» sui campi da golf dove i sensori aerei non potevano garantire la frequenza, la tempestività di intervento e il livello di dettaglio richiesti. L'evoluzione successiva è stata quella dell'impiego per il controllo in tempo reale delle concimazioni azotate a dose variabile.

I sensori a infrarossi (figura 1) sono di dimensioni molto contenute (27 x 8 x 15 cm) e possono quindi facilmente essere montati su un supporto a bordo di un qualsiasi veicolo in grado di muoversi tra i filari, essendo possibile l'impiego di 1 o 2 sensori a seconda della necessità. I sensori restituiscono direttamente diversi indici come il più utilizzato NDVI. Il range di NDVI può andare da 0,00 a 0,99, la frequenza di lettura arriva anche a 30Hz il che si traduce nella possibilità di eseguire il rilievo anche a velocità elevate di 15-20 km/ora, pur mantenendo una distanza fra una lettura e un'altra molto ravvicinata dell'ordine di una decina di centimetri. Per la raccolta, la memorizzazione e la georeferenziazione dei dati, i sensori sono collegati ad un computer veicolare con GPS integrato, appositamente sviluppato da ARVA-tec srl, installato a bordo delle macchine operatrici.

Dal golf al vino

Ormai da molti anni vengono eseguiti rilievi dell'indice NDVI con le classiche tecniche da satellite o da aereo nei vigneti, ma con le limitazioni sopra descritte. Per superarle si è cercato di utilizzare una tecnica diversa che desse migliori risultati rispetto a quelle classiche e con un profilo operativo semplificato. La soluzione che rispondeva a queste caratteristiche era l'utilizzo degli stessi sensori ottici attivi utilizzati per i campi da golf.

In quel momento (anno 2006), a livello mondiale, non esistevano ancora esperienze in viticoltura con questi sensori a infrarossi, motivo che ha spinto a provarli considerando le limitazioni delle altre metodologie di viticoltura di precisione che erano già state valutate per un programma di gestione aziendale. È stato quindi avviato un progetto pilota per validarli e fin dalle prime applicazioni è emersa la loro praticità ed efficienza, ma anche la necessità della messa a punto di una metodica ben precisa per conseguire risultati.

I principi ispiratori di AnimaVitis

Il concetto guida di AnimaVitis, che si può riassumere nell'espressione «fare il vino nel vigneto», è stato abbondantemente discusso nel settore ed è anche già stato applicato alla gestione di vigneti e cantine in precedenza, quando ancora non si conosceva la possibilità di utilizzare sensori a infrarosso per approfondire la situazione dello stato vegeto-produttivo delle viti, come dimostrano articoli pubblicati sugli interventi modulari nel vigneto per la valutazione delle risposte delle viti a pratiche agronomiche differenti (Poni *et al.*, 2002). L'ideazione del progetto di gestione tecnica della filiera vitivinicola ha preso le mosse da un lavoro sperimentale (Rossetti, 2005) sul binomio vite-vino, in cui si evidenziava la necessità di pensare al vigneto per aree omogenee e non semplicemente per appezzamenti per arrivare a tecniche di vinificazione indirizzate a massimizzare le caratteristiche di identità enologica.

Il progetto pilota

La tecnologia a infrarossi per mettere a punto il progetto AnimaVitis è stata provata nei vigneti della Tenuta Podernovo localizzati nell'emergente e promettente

SPECIALE

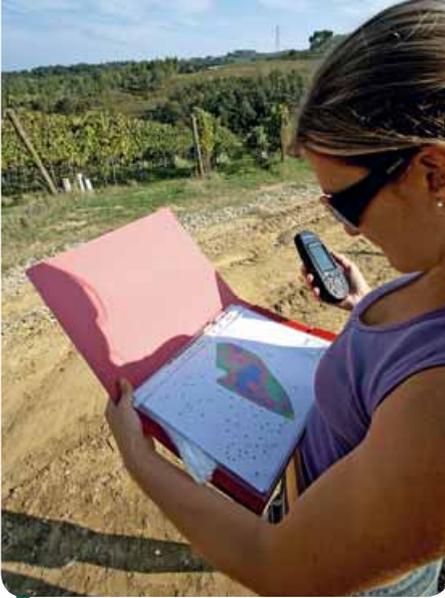


Foto 2 - Le verifiche in campo sono realizzate con l'ausilio di strumentazione GPS

zona viticola di Terricciola (Pisa). L'azienda, che ha una filosofia ben precisa di valorizzazione del territorio, ha condiviso l'idea del progetto e ha collaborato prontamente.

Il primo obiettivo è stato quello di capire se c'era corrispondenza tra le letture dei sensori e le diverse espressioni vegetative delle piante – cosa che fino a quel momento non era stata mai verificata. Sono stati realizzati, quindi, diversi rilievi e si è cercato di standardizzare sia le interpretazioni in campo, sia il protocollo di elaborazione dei dati fino all'ottenimento delle mappe di NDVI. Dopo le opportune verifiche è stato possibile definire un protocollo efficace e flessibile che contempla le variabili caratterizzanti la superficie vitata, ad esempio: varietà, clone, terreno, età delle viti (figura 2 e foto 2).

Successivamente alla validazione del sistema si è impostato un programma spe-

cifico per conseguire gli obiettivi produttivi aziendali. I vigneti della Tenuta presentavano una situazione di eterogeneità accentuata all'interno di ogni appezzamento, dovuta in parte alla variabilità clonale e in parte alla tipologia del terreno e alla distribuzione spaziale. Sostanzialmente l'azienda aveva l'interesse di caratterizzare i suoi «cru» e distinguere le zone principali per la produzione dei suoi due vini, Teuto e Aliotto.

Utilizzando i sensori a infrarossi come strumento di misura, si è organizzato un programma di lavoro con lo scopo di individuare le porzioni dei vigneti con caratteristiche differenti, identificando problematiche e potenzialità. L'individuazione e la valutazione dell'eterogeneità delle zone produttive aveva il doppio obiettivo di conoscere meglio le condizioni dei vigneti e i profili delle uve per orientare l'elaborazione dei vini e allo stesso tempo avere delle informazioni più precise per una gestione tecnica (agronomica ed enologica) più mirata ed efficace.

Sono stati impostati rilievi con i sensori a infrarossi in differenti momenti del ciclo vegeto-produttivo in maniera da seguire il comportamento e l'evoluzione dell'indice di NDVI nei vigneti. È stato seguito il protocollo di rilievo dati e verifica in campo impostato precedentemente.

Dalle diverse informazioni rilevate sono state generate le mappe di NDVI. Un'ulteriore evoluzione e approfondimento del vigneto ha permesso la creazione di macrozone omogenee per facilitare alcuni interventi agronomici. Le mappe delle aree omogenee hanno guidato anche i

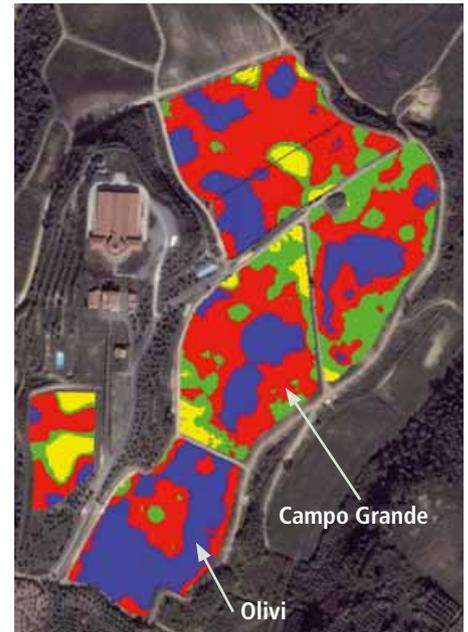


Foto 3 - Rilievo del 2006 in prevendemmia. Nelle mappe il giallo indica un vigore basso, il verde ottimale, il rosso elevato e il blu eccessivo.

programmi di vendemmia dove le zone erano valutate sia per l'indice di NDVI e soprattutto per il profilo fisico-chimico e organolettico delle uve (foto 3).

Con le mappe georeferenziate, nelle quali esiste un preciso riferimento spaziale per ogni vite del vigneto, è possibile il monitoraggio preciso delle differenti espressioni vegetative presenti nei vigneti. Ciò è importante non solo per la mappatura dell'intera superficie vitata, ma soprattutto perché, riassumendo la

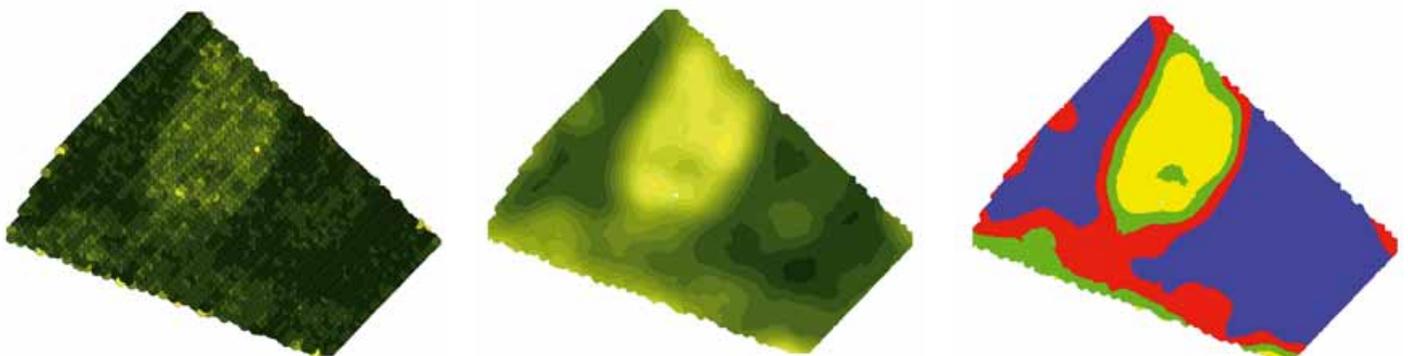


FIGURA 2 - Preparazione delle mappe NDVI

Le immagini illustrano l'evoluzione dell'elaborazione dei dati.

Si parte dai dati grezzi puntiformi (a sinistra) corrispondenti ad ogni singola lettura del sensore, ossia alla lettura realizzata su ogni vite. In questa mappa il colore di ogni punto è legato all'intensità di NDVI e va dal giallo (basso NDVI) al verde scuro (alto NDVI). I dati vengono elaborati attraverso opportuni algoritmi fino a ottenere la mappa delle aree con il medesimo NDVI (al centro). Queste mappe sono utilizzate dai tecnici per i sopralluoghi e campionamenti nel vigneto al fine di stabilire gli intervalli e le corrispondenze dell'NDVI per ogni vigneto. Dopo le opportune verifiche e analisi vengono nuovamente rielaborate fino a ottenere le mappe definitive delle zone omogenee (a destra). Esse saranno utilizzate in seguito sia per le definizioni delle caratteristiche delle uve in queste zone, sia per modulare le operazioni agronomiche necessarie nelle varie fasi vegetative fino alla raccolta.

situazione complessiva, produce un risparmio di tempo grazie alla possibilità di operare con obiettività, condizione fondamentale per controllare l'evoluzione delle zone e la loro risposta agli interventi e all'annata. E non solo, ciò è di grande ausilio anche per la realizzazione di campionamenti e per il controllo di maturazione (foto 4).

Si conseguono almeno due vantaggi operativi: l'alto grado di oggettività e l'estendibilità su ampia scala e ciò permette di superare i limiti soggettivi: solitamente, infatti, il viticoltore attento percepisce le differenze nel suo vigneto su una superficie limitata ed è spesso condizionato da una visione soggettiva.

Strategie di gestione

Gli interventi viticoli nelle diverse fasi fenologiche generano effetti ben precisi sul comportamento della vite, e uno stesso intervento su piante in differenti condizioni vegeto-produttive può causare comportamenti difformi. Uno degli obiettivi primari per la definizione del progetto AnimaVitis per quanto riguarda la gestione viticola è stato quello di differenziare ogni pratica agronomica durante tutto l'arco dell'anno.

Gli interventi nel vigneto sono stati trattati sia come intensità che come modalità e momento di esecuzione in modo tale da stimolare sempre e contemporaneamente un effetto migliorativo sia dell'equilibrio vegetativo della vite che della qualità delle uve.

Gli interventi agronomici sui quali inizialmente si è focalizzata l'attenzione sono stati quelli che maggiormente vanno a influenzare le risposte di comportamento della vite e sono la potatura, la nutrizione, la scacchiatura, la sfogliatura, la cimatura, il diradamento e la gestione del terreno. Per ogni area, conoscendo il comportamento delle piante per l'aspetto sia vegetativo che qualitativo, si sono applicati solo gli interventi che andavano nella direzione del conseguimento di un maggior equilibrio.

Si possono portare in questo senso degli esempi semplici, ma estendibili a ogni operazione agronomica. La vite risponde in maniera diversa a seconda del carico di gemme – cioè a una potatura molto povera, povera, ricca o eccessivamente ricca – a seconda della situazione della singola pianta. Se la vite è molto vigorosa una po-



Foto 4 - Valutazione della maturazione dell'acino per la definizione del corretto momento di vendemmia

tatura molto povera (con poche gemme) andrà ad accentuare la situazione di squilibrio in cui già si trova, e sicuramente si avrà un incremento del vigore ma un decremento qualitativo dell'uva prodotta. Se alla stessa pianta si lascia una abbondanza di gemme in potatura si otterrà una riduzione del vigore e un incremento sia quantitativo che qualitativo dell'uva. La stessa pianta gestita in modo diverso nella potatura produrrà uve e, di conseguenza, vini di qualità molto differenti.

Questo vale anche per la scacchiatura, questa operazione eseguita precocemente piuttosto che tardivamente, intensa piuttosto che blanda genera conseguenti comportamenti diversi delle piante. Come pure la sfogliatura precoce in piante con buon vigore o al contrario in piante deboli provocherà effetti molto positivi in un caso e peggiorativi nell'altro.

Altre applicazioni interessanti messe a punto in questa fase riguardano la gestione differenziata dell'operatività nelle varie aree in modo semplice; a questo scopo si sono potute individuare delle zone

Foto 5 - Segnare le viti è un sistema semplice per delimitare le aree omogenee per realizzare le diverse operazioni



in campo, sia tramite una localizzazione con GPS o più semplicemente con dei segnali di cambio area sulle viti (foto 5). L'operatore a ogni cambio area modifica l'operatività di esecuzione degli interventi secondo le prescrizioni agronomiche precedentemente ponderate e concordate. Questo modo di operare per certi aspetti ha fatto aumentare lievemente la complessità delle operazioni, ma nella maggior parte dei casi ha prodotto vantaggi sia gestionali che economici. Di immediata percezione è stata la possibilità di ridurre o azzerare le concimazioni nelle aree dove non erano necessarie, concentrandole in quelle

dove comprovato ne era il bisogno, consentendo sia una riduzione delle quantità utilizzate che della manodopera necessaria per la distribuzione.

Per altre pratiche agronomiche (scacchiatura, cimatura, diradamento, trattamenti fitosanitari, ecc.) l'intervento limitato solo alle aree bisognose di ogni specifica operazione ha permesso di conseguire parallelamente maggiore tempestività oltre che risparmio. In alcuni vigneti la gestione per aree omogenee ha consentito, per esempio, di scacchiare meno del 50% della superficie e di riflesso ha garantito l'esecuzione di tale operazione solo da parte del personale più qualificato riducendo il costo e parallelamente aumentando anche la qualità del lavoro.

Il risultato più eclatante del programma di gestione per aree omogenee è stato un miglioramento notevole nelle zone a peggior attitudine qualitativa sia dell'equilibrio vegeto-produttivo, sia della quantità e qualità delle uve prodotte. L'andamento climatico assai diverso dei due primi anni ha influito sulla risposta delle varie aree soggette a differenti protocolli di interventi viticoli, poiché essendo variata la modalità e l'intensità di ogni singola operazione per le diverse aree si sono ponderate le differenti risposte anche al variare dell'andamento climatico.

Gli obiettivi raggiunti sono stati molto incoraggianti e per molte operazioni sono state codificate modalità e momenti di intervento a seconda di cosa si desidera andare a modificare nel comportamento della pianta. Tali linee di intervento diverso, inoltre, hanno una logica di continuità e di complementarità e si devono valutare considerando le situazioni di partenza e quelle finali di arrivo che quasi sempre presuppongono un percorso pluriennale

per poter conseguire risultati stabili.

Evoluzioni prossime. La conseguente evoluzione del progetto consiste nell'attrezzare i mezzi agricoli con un sistema di regolazione automatica controllato da un computer dotato di un ricevitore GPS sul quale sono state caricate mappe di intervento viticolo precedentemente elaborate. Attualmente il sistema può essere gestito in maniera semiautomatica dando all'operatore le indicazioni di cambio zona attraverso la visualizzazione delle mappe georeferenziate.

Dopo l'esperienza pilota positiva sviluppata presso la Tenuta Podernovo, il Progetto AnimaVitis viene realizzato con successo in diverse aziende in tutto il territorio nazionale.

Alcuni risultati conseguiti

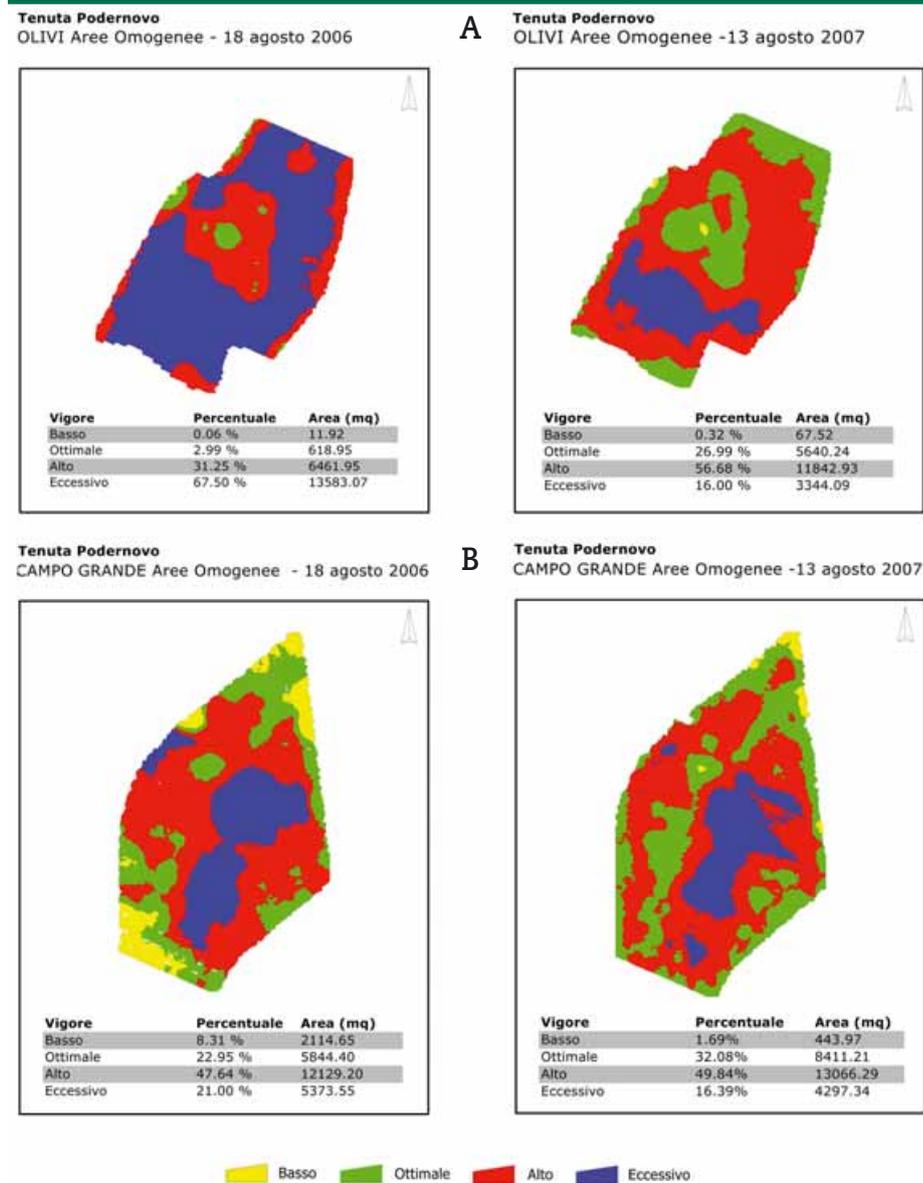
Per dare un esempio dei risultati conseguibili riportiamo di seguito alcuni dati relativi a due annate.

Per quanto riguarda le mappe di NDVI, che rappresentano la situazione vegeto-produttiva dei vigneti è possibile apprezzare i cambiamenti del vigore delle viti, già nel corso del primo anno di applicazione dei trattamenti differenziati per aree omogenee.

Sono state definite 4 tipologie di aree omogenee – simili al loro interno e diverse tra loro – caratterizzate da intervalli di NDVI e da caratteristiche reali delle viti uguali, quindi aree a diversa potenzialità precisamente identificate all'interno del vigneto. Le classi evidenziate sono state così definite come di seguito.

- Gialla: viti che presentavano un sotto-sviluppo vegetativo, con internodi e tralci corti che non arrivano all'ultimo filo.
- Verde: viti con corretto equilibrio vegetativo considerando la varietà/clone e la tipologia di vino da elaborare.
- Rossa: viti con alto vigore, leggermente eccedente l'equilibrio ritenuto ottimale.
- Blu: viti che presentavano crescita continua delle femmine, tralci e vegetazione eccessivamente esuberante.

Tutte le applicazioni tecniche in campo e i controlli di maturazioni sono stati eseguiti e differenziati considerando le 4 aree per riportare l'eterogeneità verificata e distribuita in queste 4 zone distinte verso l'omogeneità della zona verde, cioè verso l'equilibrio vegeto-produttivo ritenuto ottimale. Il primo obiettivo è stato quello di fare scomparire le zone che presentavano un sottosviluppo vegetativo (gial-



le) e far diminuire quelle con vegetazione eccessivamente esuberante (zone blu), per ampliare le zone con un corretto equilibrio vegetativo o con un leggero eccesso di vigore (zone verdi e rosse). In un secondo momento la gestione tecnica è stata imposta per preservare o aumentare le zone in buon equilibrio (verdi) e diminuire ancora le quelle in lieve eccesso (rosse) fino ad arrivare con tecniche diverse al massimo risultato di equilibrio vegeto-produttivo per ogni vite.

Evoluzione delle aree omogenee. L'evoluzione delle mappe delle aree omogenee, seppure solamente nell'arco della gestione 2006-2007, dà la misura dei risultati conseguiti attraverso la gestione agronomica differenziata.

Dal confronto tra le Mappe del vigneto Olivi (figura 3 A) emerge la riduzione delle zone blu con viti a vegetazione eccessivamente esuberante a favore di quelle a maggiore equilibrio vegeto-produttivo (rosse e verdi). Effettivamente le zone si

TABELLA 1 - Vigneto Olivi. Caratteristiche delle uve Sangiovese per zone di provenienza

Data	Zona	Peso medio acino	°Brix	Acidità totale	pH
A - Annata 2006					
20-9	Blu	1,9	22,4	7,3	3,1
20-9	Rossa	1,6	23,9	7,7	3,2
22-9	Blu	1,9	22,8	7,2	3,2
2-10	Rossa	1,6	24,6	5,9	3,3
B - Annata 2007					
20-9	Gialla	1,6	23,3	5,9	3,4
20-9	Verde	1,6	23,2	6,1	3,4
20-9	Rossa	1,8	22,7	6,0	3,4
20-9	Blu	2,4	21,1	6,5	3,3
25-9	Gialla	1,6	24,2	5,6	3,4
25-9	Verde	1,7	24	5,7	3,4
25-9	Rossa	1,8	23	5,9	3,4
25-9	Blu	2,5	21,6	6,2	3,4

Misure su 100 acini.

In un solo anno c'è stata una evoluzione migliorativa delle zone grazie alla riduzione del vigore.

sono trasformate evolvendo nella direzione desiderata raggiungendo così l'obiettivo di disporre di un quantitativo maggiore di uve di ottima qualità da destinare al vino Aliotto.

Anche nel vigneto Campo Grande (figura 3 B) la gestione a zone ha determinato maggior omogeneità e l'equilibrio, quindi un incremento qualitativo. Le zone che presentavano un sottosviluppo vegetativo (aree gialle) sono praticamente scomparse, le zone in buon equilibrio (verdi) e quelle in lieve eccesso (rosse) sono aumentate a fronte di una riduzione delle viti eccessivamente vigorose (aree blu). La differenza tra le zone continua ad essere rilevante, però complessivamente è aumentata la superficie a maggior qualità delle uve destinate alla produzione del vino Teuto.

Il grado alcolico potenziale al momento di raccolta è stato un po' inferiore all'anno precedente perché la vendemmia è stata anticipata per scelte aziendali.

Anche negli altri vigneti aziendali si è verificata una situazione che denota un'evoluzione ugualmente positiva. In conclusione, il risultato più significativo è stato un notevole incremento qualitativo e quantitativo di uva destinata ai primi due vini aziendali: Aliotto e Teuto.

Confronto tra le uve provenienti da zone diverse. Il miglioramento dovuto agli interventi agronomici differenziati per area è apprezzabile anche dalla valutazione di alcune caratteristiche fisiche e analitiche delle uve.

• Vigneto Olivi. Nel 2006 (tabella 1 A) in questo vigneto predominavano le aree blu, a vigore eccessivo, e quelle rosse, a vigore elevato; a parità di data le uve delle differenti zone presentavano dati analitici diversi. I grappoli della zona in eccesso vegetativo (blu) erano più compatti e con acini più grandi, caratteristica che non favoriva la sanità con un'incidenza della botrite sul grappolo maggiore rispetto alla zona rossa con vigore comunque elevato.

Inoltre questa situazione ha determinato una vendemmia anticipata e una vinificazione separata. Le uve delle zone blu avevano una minore concentrazione di polifenoli e una sensazione complessiva diluita alla degustazione dell'uva. Le uve della zona rossa, invece, si presentavano più concentrate in polifenoli e aromi e potenzialmente più adatte a ottenere il vino con le caratteristiche desiderate dell'azienda. La vendemmia nella zona rossa è stata fatta 10 giorni dopo rispetto a quella blu.

Solitamente questo vigneto era vendemmiato in un unico passaggio e si ottenevano uve che non arrivavano al livello qualitativo voluto, che imponevano una standardizzazione verso il basso. Con questa operazione di gestione a zone si è recuperata un percentuale importante di uve con corretta maturazione e buona espressione varietale.

Nel 2007 (tabella 1 B), pur mantenendosi la differenziazione analitica e sensoriale delle uve a seconda della zona di provenienza, si è verificata la comparsa delle zone verde (in corretto equilibrio vegeto-produttivo) e gialla (in sottosviluppo vegetativo) che nell'annata precedente non c'erano. Importante è sottolineare che l'annata 2007 è stata particolarmente diversa dalla precedente con piogge concentrate nel periodo di allegazione che hanno favorito l'ingrossamento dell'acino. La vendemmia è stata anticipata come tutto il ciclo vegetativo della vite. La principale caratteristica di distinzione delle uve è stata quella sensoriale, verificata con la degustazione degli acini. Complessivamente le uve sono risultate migliori rispetto all'annata precedente e con sanità ottima.

• Vigneto Campogrande. Questo è uno dei vigneti potenzialmente più interessanti per la produzione del vino top dell'azienda grazie alle particolari combinazioni di cloni-portinnesto che vi si trovano. I dati riportati si riferiscono allo stesso clone e portinnesto localizzato in zone di vigore differenti. Per il 2006 si può notare la notevole variabilità analitica delle zone, che si percepiva anche

TABELLA 2 - Vigneto Campo Grande. Caratteristiche delle uve Sangiovese per zone di provenienza

Data	Zona	Peso medio acino	°Brix	Acidità totale	pH
A - Annata 2006					
21-9	Gialla	1,4	23,4	6,4	3,3
21-9	Verde	1,7	24,6	6,0	3,3
21-9	Rossa	1,9	24,4	7,0	3,3
21-9	Blu	2,4	21,0	7,0	3,2
27-9	Gialla	1,6	24,8	6,3	3,3
27-9	Verde	1,7	24,2	6,0	3,3
27-9	Rossa	2,0	22,6	7,0	3,3
27-9	Blu	2,1	21,8	7,1	3,2
B - Annata 2007					
20-9	Gialla	1,5	23,8	6,1	3,4
20-9	Verde	1,7	23,7	6,2	3,4
20-9	Rossa	2,0	22,0	6,5	3,4
20-9	Blu	2,3	21,5	6,9	3,4
26-9	Gialla	1,6	24,5	5,7	3,5
26-9	Verde	1,7	24,3	5,7	3,5
26-9	Rossa	2,2	23,3	6,0	3,4
26-9	Blu	2,4	22,4	6,3	3,4

Misure su 100 acini.

Sono aumentate le zone di vigore equilibrato, quindi la quantità di uve di migliore qualità.

organoletticamente. Nelle zone verdi la maturazione fenolica e tecnologica coincidevano; in quelle gialle, con viti deboli, la maturazione fenolica è stata raggiunta con difficoltà; nelle aree rosse, con viti di vigore elevato, si riscontrava una minor concentrazione rispetto alle zone in equilibrio (verdi) soprattutto per quanto riguardava l'espressione aromatica e gustativa. Le zone blu, con vigore eccessivo, avevano i grappoli più grandi e compatti con una incidenza dello scarto del 20% per presenza di botrite (tabella 2 A).

Nel 2007 la differenza analitica e organolettica tra le zone si è confermata, però si è ottenuto un miglioramento con risultati analitici più ravvicinati rispetto all'annata precedente. L'aspetto organolettico e la maturazione fenolica sono stati i fattori più importanti per determinare la vendemmia e la vinificazione a zone.

Le zone verdi con viti in equilibrio vegeto-produttivo presentavano caratteristiche fisico-chimiche e sensoriali (sono stati analizzati anche altri parametri che non sono riportati nella tabella) con un rapporto di maggiore concentrazione ed equilibrio. La vendemmia è stata modulata in maniera da poter permettere una corretta maturazione a tutte le zone. Tra la vendemmia delle zone gialla (viti deboli) e verde (in equilibrio) - raccolte nello stesso giorno - e quella della zona blu (con

TABELLA 3 - Confronto tra vendemmia a corpo e per aree omogenee (vendemmia 2006)

Tipo di vendemmia	Varietà	Uva (kg)	Tempi vendemmia (ore)	Resa vendemmia (kg/ora)	Tempi vendemmia + trasporti (ore)	Resa vendemmia + trasporti (kg/ora)
Vendemmia per appezzamenti interi	Sangiovese	25.500	289	88,2	330	77,27
Vendemmia per aree omogenee	Sangiovese	12.710	155	82	178	71,40
Differenza % in resa oraria tra vendemmia per appezzamenti interi e per aree omogenee senza e con i trasporti				7,07		7,59

La differenza di resa tra le due modalità è di poco superiore al 7%, cioè accettabile rispetto al vantaggio di raccogliere e valorizzare le uve di qualità maggiore.

vigore eccessivo) sono passati 12 giorni. La sanità delle uve è stata soddisfacente e ciò ha permesso una gestione ottimale di ogni partita (tabella 2 B).

Confronto tra rese di vendemmia. Sono stati messi a confronto sia i tempi relativi alla vendemmia sia alla vendemmia più il trasporto, eseguita su un appezzamento di circa 4 ha con raccolta a corpo, e su 2 ha circa con raccolta per aree omogenee. Si nota chiaramente come vi sia una differenza molto contenuta tra le due modalità di vendemmia: si è riscontrata una riduzione delle rese orarie (kg/ora) di circa il 7,07% tra la vendemmia per appezzamento a corpo e quella per aree omogenee; di circa il 7,59% se si considera oltre la vendemmia anche i trasporti (distribuzione, raccolta e trasporto) delle cassette.

Considerando il vantaggio ottenibile dalla raccolta separata che permette di valorizzare le uve di qualità più elevata per poter proseguire in vinificazioni separate, l'incremento contenuto dei tempi di vendemmia è ampiamente giustificato (tabella 3).

Confronto tra tempi delle operazioni colturali nel 2006 e 2007.

Sono stati messi a confronto i tempi operativi delle operazioni colturali delle due annate 2006 e 2007. Nel 2006 si sono eseguiti per aree omogenee solo il diradamento e la vendemmia, mentre nel 2007 si sono differenziati per aree omogenee gli interventi riportati nella tabella 4, mentre tutti gli altri interventi sono stati eseguiti allo stesso modo per tutte le zone.

Si nota chiaramente come non c'è un aggravio operativo per la esecuzione delle operazioni per aree omogenee rispetto alla esecuzione a corpo, anzi i tempi si sono ridotti in misura più o meno grande a seconda delle scelte adottate e in alcuni casi, come nel diradamento delle zone più deboli (gialle), non sono stati più necessari poiché ogni operazione è stata strettamente

eseguita solo per l'area in cui era effettivamente utile.

Il tempo necessario per delimitare le aree in campo è molto contenuto ed è pari a circa 6 ore/ha e quindi è ampiamente giustificato e di molto inferiore al risparmio operativo complessivo.

Le applicazioni a oggi

Il successo operativo del progetto pilota realizzato negli ultimi anni presso la Tenuta Podernovo ha permesso allo studio di consulenza Progetto Natura, con la collaborazione della società ARVatec srl, che ha integrato i sensori a infrarossi nel proprio sistema automatico di raccolta elaborazione e gestione dei dati di campo, di riunire le conoscenze e tradurle in un progetto articolato e strutturato, applicabile in diverse realtà vitivinicole, denominato appunto AnimaVitis.

In sintesi il Progetto è finalizzato, nel rispetto dell'ecosistema, a rendere più efficiente il sistema vigneto-ambiente tenendo conto degli obiettivi della filiera vino, promuovendo al contempo l'evoluzione tecnologica e colturale. Viticoltura ed enologia

TABELLA 4 - Confronto tra tempi delle operazioni colturali nel 2006 e 2007

Operazione colturale	Ore lavoro manuali (n.)	
	2006	2007
Rifinitura della potatura	324	337
Scacchiatura	669	650
Sfogliatura a macchina	109	83
Cimatura a macchina	171	73
Diradamento aree vigorose (blu)	634	114
Diradamento aree deboli (gialle)	152	
Totale ore lavoro	2.059	1.257
Totale ore lavoro vendemmia	2.360	2.811
Totale ore lavoro con vendemmia	4.419	4.068
Totale produzione (kg)	125.106	152.936
Resa di vendemmia (kg/ora)	53,01	54,41

Non c'è un aggravio operativo per l'esecuzione delle operazioni per aree omogenee rispetto all'esecuzione a corpo.

di precisione per identificare e coordinare la filiera produttiva partendo dalla vite con possibilità di analizzare la sua risposta in ogni condizione pedologica e ambientale fino ad arrivare al vino, che diventa l'espressione di numerabili fattori ponderati, nel rispetto della sua potenzialità originale.

Il concetto di «precisione» nel Progetto consiste nella gestione viticola differenziata della superficie vitata considerando la variabilità spaziale presente nel terreno; in cantina le uve provenienti dalle differenti aree omogenee identificate vengono interpretate a secondo degli obiettivi produttivi dell'azienda e della loro potenzialità, e ricevono trattamenti enologici diversi. La precisione sta nell'identificare le diversità e nell'applicare strategie mirate per ottimizzare i risultati.

È interessante puntualizzare che per quanto riguarda l'obiettivo produttivo, la viticoltura di precisione si presenta con una connotazione un po' diversa da quella che si applica nell'agricoltura di precisione in generale, perché raramente massimizzare la quantità dei raccolti è sinonimo di ottimo vino. La produttività del vigneto allora deve essere ragionata considerando la qualità che si vuole per il vino, per sviluppare un lavoro integrato di filiera.

È allo stesso modo fondamentale la scelta della tecnica colturale appropriata relativamente ai modi e ai tempi di esecuzione in funzione dei risultati agronomici, ambientali ed economici. La gestione a zone delle pratiche viticole indirizza le attività per priorità e analizza il rapporto costi/benefici per orientare lo sviluppo del programma.

Una gestione di «precisione» è particolarmente utile in questo settore vista la complessità dei fattori che modificano i risultati produttivi della vite. Complessità che determina anche la necessità di indagare e specificare un processo tecnico-decisionale specifico per ogni realtà produttiva.

AnimaVitis è strutturato in quest'ottica: utilizza elementi della viticoltura di precisione - le mappe - con una integrazione di dati specifica per ogni situazione che tiene conto degli obiettivi finali, delle risorse e delle potenzialità di ogni singola zona, guidando il processo gestionale con la visione di filiera.

In altre parole, mentre di solito la viticoltura di precisione che si pratica oggi si ferma alla realizzazione di una «fotografia» satellitare o aerea per indagare la variazione di vigore, AnimaVitis utilizza le mappe di NDVI come

base per impostare un programma tecnico di integrazione tra cantina e vigneto. L'impiego della tecnologia a infrarossi, cioè, è solo uno strumento che permette una metodica standard per la raccolta dei dati, offrendo una stessa chiave di lettura della situazione viticola, tradotta nell'indice di NDVI.

Ovviamente questo indice per avere piena validità deve essere rapportato al contesto viticolo in analisi. Per ponderare l'importanza di ogni fattore fisso e/o variabile che compone la realtà viticola (ad esempio, il terreno, il clone, l'annata) questi vengono pesati a seconda della loro importanza per il tipo di uva e/o di vino che si pretende ottenere. L'altro fattore decisivo per il successo del programma è l'esperienza tecnica e la sensibilità umana per interpretare questi dati e gestire consapevolmente la realtà che si presenta.

In parallelo al lavoro grafico delle mappe, quindi, vengono raccolte una serie di informazioni tecniche previamente definite che completano l'analisi della situazione vegeto-produttiva.

Rilievi operativi

La raccolta dati (lettura con i sensori ad infrarossi) viene eseguita durante diversi momenti del ciclo vegeto-produttivo delle viti.

I dati raccolti, che danno origine alle mappe, evidenziano la distribuzione dell'attività vegetativa nell'apezzamento in termini di valori minimi e massimi di NDVI e la sua variabilità (foto 6).

La metodica di interpretazione dei dati – che si divide nella fase del programma statistico di elaborazione dati e in quella del sistema tecnico di verifica in vigneto – permette l'elaborazione della mappa che raggruppa una serie di informazioni utili in maniera semplice e obiettiva.

Le zone omogenee, determinate in base all'indice di NDVI per il vigore e ad altre osservazioni di fattori fissi e variabili che dipendono dell'obiettivo produttivo, servono per differenziare le varie operazioni viticole e quindi la gestione tecnica per sottozone simili. È, quindi, l'esperienza acquisita che guida la scelta delle tecniche viticole per sottozone omogenee per portare la pianta all'equilibrio vegetativo ottimale tenendo presente gli obiettivi enologici. Per esempio, nella fase di sviluppo e maturazione delle uve, ogni zona



Foto 6 - I rilievi con sensori a infrarossi installati su trattore possono essere fatti contemporaneamente ad altre operazioni colturali, come sfogliatura, cimatura, lavorazioni del terreno, ecc.

di interesse viene trattata diversamente, sia per quanto riguarda le pratiche viticole sia le analisi e i controlli finalizzati a fornire gli indizi per gestire la vendemmia e le pratiche enologiche in cantina. La caratterizzazione dell'uva così realizzata permette di conoscere il livello di maturazione raggiunta, cioè le caratteristiche della materia prima fondamentali per la scelta delle tecniche di vinificazione per ottimizzare il risultato enologico.

È importante sottolineare, inoltre, che tutte le informazioni di carattere tecnico-gestionale raccolte nell'annata conferiscono in un sistema di tracciabilità per garantire la loro analisi e l'archivio conoscitivo dell'azienda. Infine il progetto AnimaVitis si propone di controllare anche la filiera produttiva integrata per analizzare la performance dell'azienda con precisione, individuare e risolvere i problemi tecnici viticoli e massimizzare le potenzialità enologiche.

I livelli di approfondimento

Lo studio, l'interpretazione e la definizione delle caratteristiche indipendenti degli elementi in gioco nella produzione e la loro interazione con l'ambiente in cui sono inseriti permette di mappare situazioni differenti per potenzialità viticolo-enologiche.

Il grado di approfondimento ottenibile con AnimaVitis varia a seconda dell'obiettivo dell'azienda e di come si presenta la realtà viticola. Attualmente è configurato in 3 livelli diversi che possono essere sviluppati in successione.

• Livello I. Caratterizzazione della vite:

mappatura dei vigneti attraverso il rilievo dell'indice di NDVI con i sensori ad infrarossi.

• Livello II. Caratterizzazione della vite e dell'uva: mappatura dei vigneti basandosi sull'indice di NDVI delle piante e identificazione del profilo fisico-chimico e organolettico dell'uva prodotta all'interno delle sottozone individuate. Comprende la gestione viticola a zone omogenee.

• Livello III. Dalla terra al bicchiere: l'individuazione e la valutazione dell'eterogeneità delle zone produttive ha il doppio obiettivo di conoscere meglio le condizioni dei vigneti e i profili delle uve per orientare l'elaborazione dei vini e allo stesso tempo avere delle informazioni più precise per una gestione tecnica (agronomica ed enologica) più mirata ed efficace.

AnimaVitis è applicabile in contesti molto diversi, in aziende di grandi o piccole dimensioni e modulabile sia in funzione delle differenze riscontrate sia degli obiettivi vitivinicoli desiderati. Lo scopo degli interventi è quello di portare le viti all'equilibrio vegetativo ritenuto ideale per la tipologia di vino perseguita. Per una serie quasi infinita di motivi e di scelte fatte non esistono delle ricette standard generalizzabili per tutte le realtà produttive, ma una attenta ponderazione di ogni intervento la cui sequenza complessiva è quasi sempre diversa di volta in volta.

L'analisi dei risultati ottenuti fino ad ora presso le aziende che stanno sviluppando il progetto AnimaVitis conferma le aspettative positive e dimostra come si possa concretamente lavorare con precisione e sensibilità assieme lungo tutta la filiera di produzione dalla vite al vino. •

Monica Rosseti, Patrizio Gasparinetti

Studio associato Progetto Natura
Santa Lucia di Piave (Treviso)
info@animavitis.com

Savio Landonio

ARVAtec srl - Rescaldina (Milano)
landonio@arvatec.it

Cogliamo l'occasione per ringraziare **Marcello Lunelli** e tutti coloro che si sono prodigati con grande dedizione alla buona riuscita del Progetto Animavitis, particolarmente allo staff tecnico e dirigenziale della Tenuta Podernovo a Terricciola (Pisa).



Per consultare la bibliografia:
www.informatoreagrario.it/rdLia/08ia25_3517_web

Soluzione innovativa per la gestione vitivinicola

BIBLIOGRAFIA

Beck J., Vyse T. (1995) - *Structure and method useable for differentiating a plant from soil in a field*. U.S. Patent 5 389 781. Date issued: 14 february.

Landonio S. (2000) - *Tecnologie per il management informatizzato e l'agricoltura di precisione : sviluppo e sperimentazione di soluzioni innovative*. Dottorato di ricerca in genio rurale 13° ciclo 1999-2000, Università degli studi di Milano, Facoltà di Agraria.

Mazzetto F., Calcante A., Naldi E., Oberti R. (2005) - *Progetto Mesovip: applicazione di tecniche di viticoltura di precisione in contesti nazionali*. Convegno Nazionale AIIA,

Catania (27-30 giugno).

McCloy K., Felton W. (1992) - *Controller for agricultural sprays*. U.S. Patent n. 5144767.

Poni S., Zamboni M., Gasparinetti P. (2002) - *Cimatura precoce dei germogli su Pinot nero a cordone libero*. L'Informatore Agrario, 24: 57-63.

Rossetti M. (2005) - *Influencia de parcelas heterogeneas de solo na maturação da uva e no perfil analitico e organoleptico do vinho Cabernet Sauvignon no Vale dos Vinhedos*. Laurea in viticoltura e enologia, Facoltà di Enologia del Centro nazionale di educazione tecnologica di Bento Gonçalves - Brasile.

Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W., Harlan J.C. (1974) - *Monitoring the vernal advancements and retrogradation (green-wave effect) of nature vegetation*. Nasa/Gsfc Final Report, Geenbelt MD.

Taylor J.A. BScAgr (Hons.) (2004) - *Digital Terroirs and precision viticulture: investigations into the application of information technology in australian vineyards*. Australian Centre for precision agriculture, Faculty of agriculture, food and natural resources, the University of Sydney, New South Wales Australia.

Jordan C.F. (1969) - *Derivation of leaf-area index from quality of light on the forest floor*. Ecology 50: 663-666.